

Brandteknisk riskvärdering av Heleneholmsskolan i Malmö



Elin Elisson
Daniel Håkansson
Rasmus Jonason Bjärenstam
Julia Lennartsson

Lunds Tekniska Högskola
Rapport 9479, Lund 2015

Brandteknisk riskvärdering av Heleneholmsskolan i Malmö

Elin Elisson
Daniel Håkansson
Rasmus Jonason Bjärenstam
Julia Lennartsson
Lund 2015

Följande rapport är framtagen i undervisningen. Det huvudsakliga syftet har varit träning i problemlösning och metodik. Rapportens slutsatser och beräkningsresultat har inte kvalitetsgranskats i den omfattning som krävs för kvalitetssäkring. Rapporten måste därför användas med stor försiktighet. Den som åberopar resultaten från rapporten i något sammanhang bär själv ansvaret.

Avdelningen för Brandteknik
Lunds Tekniska Högskola
Box 118
221 00 Lund
Telefon: 046 222 73 60
Hemsida: www.brand.lth.se
E-postadress: brand@brand.lth.se

**Department of Fire Safety
Engineering**
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden
Telephone: +46 46 222 73 60
Homepage: www.brand.lth.se
E-mail: brand@brand.lth.se

Titel

Brandteknisk riskvärdering av Heleneholmskolan i Malmö

Title

Fire Safety Evaluation of Heleneholmskolan in Malmö

Rapport/Report

9479

Författare/Authors

Elin Elisson
Daniel Håkansson
Rasmus Jonasson Bjärenstam
Julia Lennartsson

Nyckelord

Brandteknisk riskvärdering, Heleneholmskolan, FDS, DetactT2, Simulex, utrymning, kritiska förhållanden, personsäkerhet, känslighetsanalys

Keywords

Fire safety evaluation, Heleneholmskolan, FDS, DetactT2, Simulex, evacuation, critical conditions, human safety, sensitivity analysis

Antal sidor/Number of Pages

147

Språk/Language

Svenska/Swedish

Förord

Rapporten är ett resultat av ett projektarbete i kursen VBR054 Brandteknisk Riskvärdering som ges i årskurs tre på brandingenjörsprogrammet vid Lunds Tekniska Högskola. Många personer har bidragit med värdefull hjälp och varit ett stort stöd under arbetets gång, vi vill särskilt tacka följande personer:

Daniel Nilsson – Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik. Stort tack för din exceptionella handledning och dina goda råd genom hela projektet.

Tobias Bergström – Brandingenjör, P&B. Tack för det trevliga bemötandet vid platsbesöket och för din hjälp under arbetets gång.

Håkan Frantzich – Universitetslektor, Avdelningen för Brandteknik. Tack för svar på de frågor som dykt upp.

Jonathan Wahlqvist – Doktorand, Avdelningen för Brandteknik. Tack för din hjälp med FDS-simuleringar.

Abstract

This report is a part of the course *VBR054 Fire Safety Evaluation* at the Department of Fire Safety Engineering at Lund University. The report is the result of a fire safety evaluation of Heleneholmskolan in Malmö. The focus of the project lies on the public safety within the building and no damage of property is taken into account. A number of likely scenarios have been evaluated and the four worst credible scenarios are chosen for further analysis. The fire scenarios are simulated in FDS and the evacuations are simulated in Simulex. The time to critical conditions and the time until all persons have left the fire compartment is compared to each other in order to verify that satisfying evacuation is possible. To ensure the safety in the building some improvements and requirements are suggested. If these suggestions are implemented the fire safety situation at Heleneholmskolan become satisfactory.

Sammanfattning

Detta projekt är en del av kursen VBR054 Brandteknisk Riskvärdering som ges av Avdelningen för Brandteknik vid Lunds Tekniska Högskola. Syftet med detta projekt är att utvärdera brandskyddet med avseende på personsäkerhet på Heleneholmsskolan i Malmö. Målet är att undersöka om utrymning kan ske på ett säkert sätt och, om det behövs, föreslå förbättrande åtgärder. Detta görs genom att jämföra utrymningstider med tider till kritiska förhållanden i ett antal utvalda troliga brandscenarier.

Heleneholmsskolan ska genomgå renovering inom snar framtid och därför ska inte det befintliga brandskyddet utvärderas, utan ett nytt brandskydd ska projekteras. Efter renoveringen är det tänkt att skolan ska bedriva gymnasieverksamhet.

Arbetet inleddes med ett platsbesök som sedan låg till grund för resonemanget kring de utvalda brandscenarierna. En grovanalys på dessa scenarier har genomförts och de fyra som ansågs värst troliga, med avseende på sannolikhet och konsekvens, har valts ut för vidare analys. De utvalda scenarierna har täckt in de övriga scenarierna.

De scenarier som valts ut för vidare analys är brand i café/samlingslokal, brand i korridor i byggnadsdel A, brand i korridor i byggnadsdel C och brand i NO-sal. Dessa har analyserats med hjälp av utrymningssimuleringar i Simulex, simulering av brandförloppet i FDS och handberäkningar. Resultaten har sedan jämförts med varandra för att kontrollera att utrymningsförhållandena är tillfredställande.

En känslighetsanalys har genomförts för att undersöka osäkerheter i parametrar som kan påverka resultaten. Känslighetsanalys har genomförts på både parametrar som påverkar utrymningsförloppet och parametrar som påverkar brandförloppet.

De givna brandskyddsförslagen visar att skolan efter renovering erhåller tillfredställande brandskydd då dessa rekommendationer efterföljs.

Rekommendationer för vilka åtgärder som *skall* respektive *bör* åtgärdas är följande:

Åtgärder som *skall* vidtas

- Utrymningsväg i nordöst på plan 1, 2 och 3 *skall* uppföras.
- Utrymningsväg i danssalen på plan 1 *skall* uppföras.
- Vid möblering i korridorer och i anslutande kontor *skall* lös inredning vara brandklassad.
- Lämplig brandcellsindelning *skall* göras. Se avsnitt 3.4.
- Detektorer *skall* i korridorer placeras med ett avstånd mellan varandra på max 10 meter.
- Träpanelen i taket i caféutrymmet på plan 1 *skall* tas bort.
- Grundläggande brandskydd enligt gällande regler *skall* införas. Se avsnitt 3.
- Dörrar mellan klassrummen på plan 2 *skall* uppföras.

Åtgärder som *bör* vidtas

- Inredning *bör* ej placeras närmre en utrymningsväg än 7 meter.
- Större möblemang *bör* inte förekomma i korridoren.

Nomenklatur

A_O	area ventilationsöppning [m ²]
A_T	rummets totala omslutningsarea [m ²]
b	dörrens bredd [m]
c	specifik värmekapacitet [J/kgK]
D	brandens diameter [m]
$D_{strålning}$	avstånd från brand till mottagare av strålning [m]
D^*	brandens karakteristiska diameter [-]
f	personflödet genom dörren [p/sm]
g	tyngdaccelerationen 9,81 [m/s ²]
H_{bgl}	brandgaslagrets höjd [m]
h_k	värmeledningstal [kW/m ² K]
H_{rum}	rummets höjd [m]
H_0	höjd till ventilationsöppning [m]
k	värmeledningsförmåga [W/mK]
l	längsta gångavstånd [m]
L	flamhöjd [m]
L_1	kortaste sida på platta [m]
L_2	längsta sida på platta [m]
m	massa [kg]
n	antalet personer som passerar en dörr [-]
Q	energi [kJ]
\dot{Q}	effekt [kW]
\dot{q}''_r	strålningseffekt per areaenhet [kW/m ²]
S	parameter för beräkning av synfaktor [-]
t	tid [s]
$t_{förberedelse}$	tiden det tar för utrymmande att förbereda sig [s]
$t_{förflyttning}$	tiden det tar för utrymmande att förflytta sig [s]
$t_{kritisk}$	tiden till dess att kritiska förhållanden uppstår [s]

$t_{utrymning}$	tiden till att alla har utrymt byggnaden [s]
$t_{varseblivning}$	tiden till dess att branden upptäcks [s]
T	temperatur [K]
v	aktuell gånghastighet [m/s]
V	volym [m ³]
α	tillväxthastighet [kW/s ²]
$\alpha_{synfaktor}$	parameter för beräkning av synfaktor [-]
ε	emissivitet [-]
ΔH_c	förbränningsvärme [kJ/kg]
σ	Stefan Boltzmanns konstant $5,67 \cdot 10^8$ [W/m ² K ⁴]
ϕ	synfaktor [-]
ρ	densitet [kg/m ³]
χ_r	brandens strålningsandel [-]

Akronymer

BBR	Boverkets byggregler
BBRAD	Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd
BFS	Boverkets författningssamling
CAD	Computer-Aided Design
CFD	Computational Fluid Dynamics
DetactT ₂	DEFactor ACTuation – Time Squared
FDS	Fire Dynamics Simulator
IES	Integrated Environmental Solutions Limited
NIST	National Institute of Standards and Technologies

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte och mål	1
1.2	Metod	1
1.3	Avgränsningar	3
2	Objektsbeskrivning	5
2.1	Nuvarande verksamhet.....	5
2.2	Planerad verksamhet	5
2.3	Byggnaden	5
3	Nyprojektering av brandskydd.....	11
3.1	Förutsättningar	11
3.2	Verksamhetsklasser	11
3.3	Byggnadsklasser	11
3.4	Brandcellsindelning.....	11
3.5	Brandtekniska installationer	13
3.6	Utrymningsvägar	14
3.7	Utrymningsplatser	15
4	Riskidentifiering.....	17
4.1	Statistik.....	17
4.2	Grovanalys.....	17
4.3	Brandscenarier	18
4.4	Värsta troliga brandscenarier.....	21
5	Utrymning	23
5.1	Människors beteende vid brand.....	24
5.2	Utrymningstid.....	25
6	Analys av värsta troliga brandscenarier	27
6.1	Analys av Scenario A – Brand i café/samlingslokal.....	29
6.2	Analys av Scenario B – Brand i korridor, byggnadsdel C.....	35
6.3	Analys av Scenario C – Brand i korridor, byggnadsdel A.....	43
6.4	Analys av Scenario D – Brand i NO-sal.....	51
6.5	Känslighetsanalys.....	56
7	Sammanställning åtgärder	59
7.1	Nödvändiga åtgärder	59

7.2	Rekommenderade åtgärder	59
8	Diskussion	61
9	Slutsats	65
	Referenser.....	67
Bilaga A.	Brandscenario A – Brand i Café/Samlingslokal.....	I
Bilaga B.	Brandscenario B – Brand i korridor, byggnadsdel C	XI
Bilaga C.	Brandscenario C – Brand i korridor, byggnadsdel A.....	XXIII
Bilaga D.	Brandscenario D – Brand i NO-sal.....	XXXIII
Bilaga E.	FDS	XLI
Bilaga F.	DetactT2	XLV
Bilaga G.	Simulex.....	XLVII
Bilaga H.	Strålningsberäkningar	XLIX
Bilaga I.	Beräkning av dörrbredder	LIII
Bilaga J.	FDS Indatafil till Simulering A.....	LV

1 Inledning

Följande rapport är framtagen av studenter på brandingenjörsprogrammet på Lunds Tekniska Högskola och utgör huvudmomentet i kursen *VBR054 Brandteknisk Riskvärdering*. Rapporten behandlar byggnad A, B och C på Heleneholmsskolan i Malmö och är framtagen som ett förslag på utformning av nytt byggnadstekniskt brandskydd.

1.1 Syfte och mål

Syftet med rapporten är att analytiskt utvärdera brandskyddet med avseende på personsäkerhet på Heleneholmsskolan i Malmö.

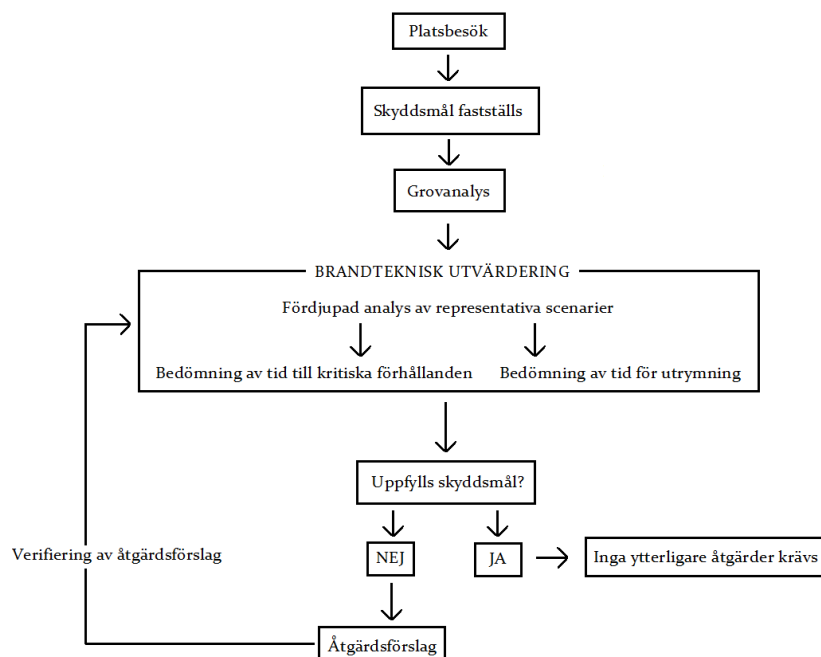
Målet med projektet är att utifrån en brandteknisk riskvärdering fastställa om säker utrymning av lokalerna är möjlig. Utifrån erhållna resultat skall förslag ges på åtgärder som skall, respektive bör, verkställas för att uppfylla en tillfredsställande personsäkerhet. Målet är att rapporten skall kunna användas som en del av beslutsunderlaget inför kommande reovering av fastigheterna.

1.2 Metod

Metodiken som har använts i rapporten bygger på en scenarioanalys där ett antal brandscenarion och dess påverkan på utrymning har undersökts. Ett objektsbesök har genomförts för att skapa en god uppfattning om lokalerna. Lämpligt brandskydd för byggnaden har föreslagits utifrån Boverkets byggregler, BBR 22, samt Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BBRAD 3.

Möjliga brandscenarier har tagits fram genom en grovanalys och har sedan bedömts utifrån sannolikheten att de inträffar samt hur stora dess följder blir. Resultatet av grovanalysen har illustrerats med hjälp av en riskmatris. Utifrån kombinationen av sannolikhet och konsekvens har fyra brandscenarier valts ut för noggrannare analys som har genomförts med handberäkningar och simuleringar i programmen DetactT2, FDS och Simulex. Dessa program beskrivs under avsnitt 1.2.1.

För att att bedöma personsäkerheten har utrymningstiden jämförts med tiden till kritiska förhållanden. I de fall där skyddsmålet inte har uppfyllts föreslås ytterligare åtgärder som i sin tur har verifierats med en ny analys. För att underlätta förståelsen av denna iterativa process hänvisas läsaren till figur 1 nedan.



Figur 1 Bild på den iterativa processen

1.2.1 Datorprogram

Detta avsnitt avser att kort beskriva de datorprogram som använts som hjälpmedel i rapporten.

FDS

Fire Dynamics Simulator, även kallat FDS, är en programvara som utvecklats av NIST i USA och används framförallt för att beräkna flöden som uppstår vid bränder. Programvaran är textbaserad, vilket innebär att koden skrivs i exempelvis anteckningar och sedan körs i kommandotolken. I programmet simuleras bränderna i tredimensionella utrymmen som består av kuber. Varje kub beräknas numeriskt med hjälp av en form av Navier-Stokes ekvationer och på grund av denna process krävs mycket datorkraft. Mindre kuber innebär en högre upplösning men även en längre beräkningstid då det ger fler beräkningar. Resultaten från FDS illustreras grafiskt med hjälp av Smokeview och därefter jämför de med både de handberäknade resultaten samt resultaten från utrymningssimuleringarna. För specifika antaganden för rapporten, se Bilaga E.

Pyrosim

Pyrosim är utvecklat av Thunderhead Engineering och kan användas för att programmera geometrin utifrån ett grafiskt gränssnitt istället för textbaserat som FDS vanligtvis är, detta ger ett mer användarvänligt intryck och i många fall snabbare kodning då hela CAD-filer kan importeras in i programmet. Pyrosim är ett utmärkt hjälpmedel för att effektivisera processen vid konstruktionen av komplexa modeller i FDS.

Simulex

Simulex är ett datorprogram som marknadsförs av IES. Programmet gör det möjligt att simulera utrymning av många personer från stora och komplexa byggnader. I programmet används 3D-modeller av byggnaden där ett antal olika plan, som är designade i CAD, länkas samman med hjälp av trappor. Populationen som används i programmet definieras av användaren själv, beroende på vilken typ av verksamhet som ska analyseras. Simuleringen kan spelas in vilket gör det möjligt att granska utrymningsförloppet i efterhand. Algoritmerna som används för personernas rörelse i programmet bygger på insamlad data efter analys av människors förflyttning genomförts med datorbaserad teknik (IES, 2015).

DetactT2

DetactT2 används för att beräkna tid till detektoraktivering. Vanligtvis används DetactT2 för att beräkna aktiveringstid för värmedetektorer eller sprinklerhuvuden. Dock finns det korrelationer mellan antalet partiklar i luften och temperaturen, vilket gör att programmet kan användas även för att beräkna aktiveringstid för rökdetektorer.

1.3 Avgränsningar

Rapporten behandlar endast personsäkerhet vid händelse av brand. Hänsyn tas inte till miljö eller egendomsskydd. Analysen sker av det tidiga brandförloppet då personer förväntas utrymma utan hjälp från räddningstjänst.

En ytterligare avgränsning är att ingen utvärdering av byggnadens konstruktion görs. I rapporten förutsätts personsäkerheten inte hotas av att byggnadens strukturella integritet påverkats av branden.

2 Objektsbeskrivning

Heleneholmsskolan uppfördes 1963 och ligger på området Heleneholm 4 i Malmö. Skolan har under åren omfattat flertalet olika verksamheter, bland annat både grundskola och gymnasieskola. Skolan uppfördes som en del av ett komplex där bland annat även en lärarhögskola ingick. Byggnaden tilldelades Kasper Salin-priset för sin arkitektur år 1965 (Sveriges Arkitekter, 2015).

Detta projekt omfattar byggnad A, B och C av Heleneholmsskolan. Lokalerna är planerade att genomgå en omfattande renovering innan ny verksamhet installeras.

2.1 Nuvarande verksamhet

Verksamheten i Heleneholmsskolan lades ner 2013. Numera används lokalerna för tillfälliga verksamheter, mestadels komvux- och lärvuxundervisning.

2.2 Planerad verksamhet

Det är, som nämnts tidigare, planerat att införa ny verksamhet i lokalerna. Den tänkta verksamheten är gymnasieskola.

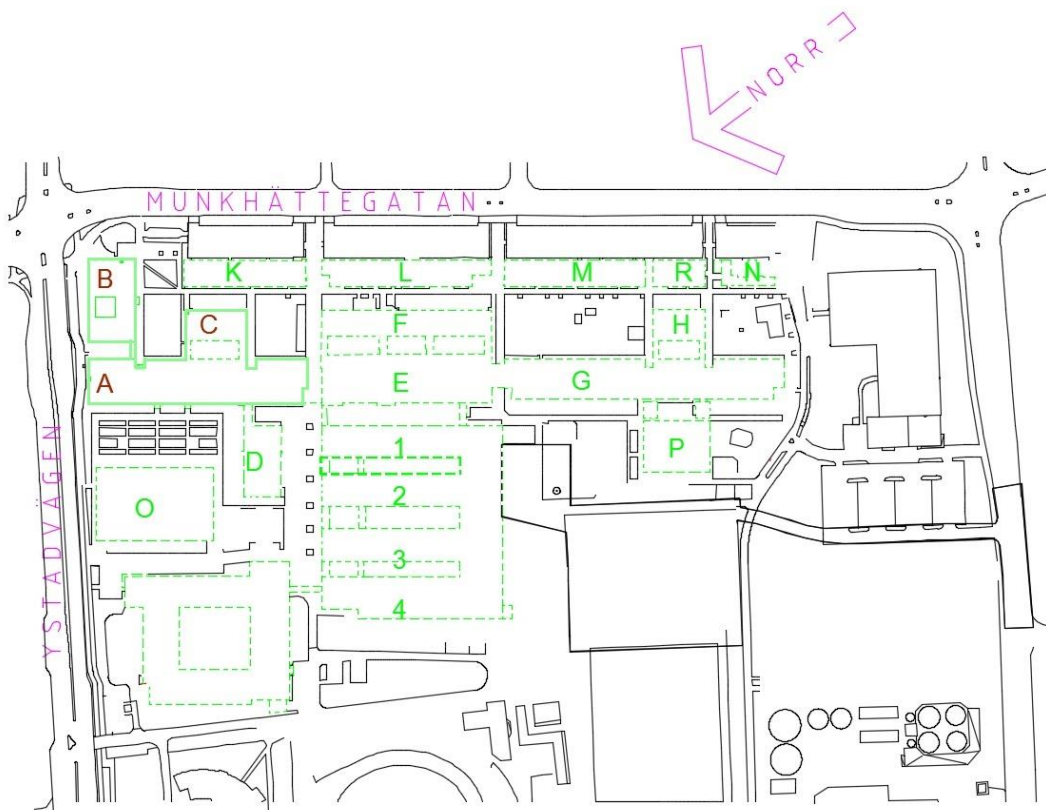
Det utgås från att skolverksamheten bedrivs på vardagar mellan 08.00 och 17.00 med traditionell undervisning klassvis. Delar av lokalerna skall vara lämpliga som samlingslokaler.

I BBR är 0,5 personer per kvadratmeter ett riktvärde som används för att dimensionera utrymningsvägar. I skolan finns det ungefär 30 klassrum som vardera är cirka 60 kvadratmeter stora. Detta ger ett maximalt antal på 900 personer.

I byggnad B finns en samlingslokal. Persontätheten i samlingslokaler där det vistas både stående och sittande personer får maximalt vara 2,5 personer/m² (Boverket, 2011).

2.3 Byggnaden

Byggnaden består av ett antal hus som är sammanlänkade med mindre passager. Byggnad A har fyra plan, byggnad B och C är enplansbyggnader. Betong och tegel utgör stommen. En översiktsritning på de tre byggnaderna som ingår i projektet visas nedan i figur 2. De berörda byggnaderna i projektet är som nämnts tidigare A, B, C och är märkta i röd färg.

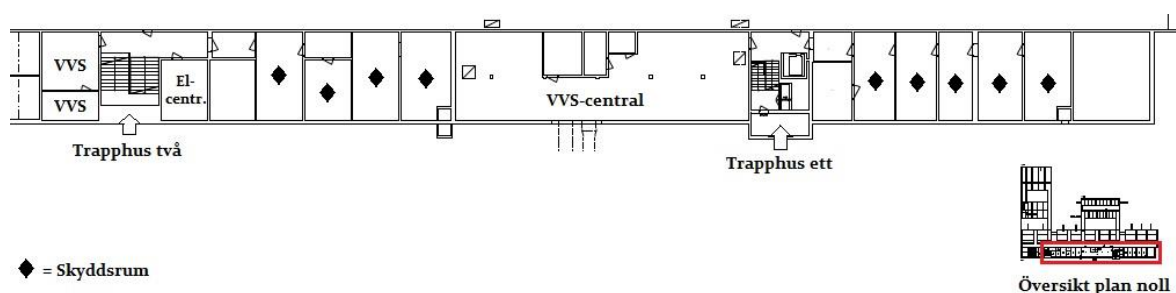


Figur 2 Översiktsritning över kvarteret Heleneholm 4.

Nedan beskrivs byggnadsdelarna utefter hur de ser ut före renovering. En mindre översiktsbild illustrerar vilken del av byggnaden som menas.

2.3.1 Del A – Plan 0

Planet under mark består till största delen av skyddsrum. Även VVS- och elcentralerna är placerade på detta våningsplan. Det är endast behörig personal som kan komma ner här då dörrarna till trapphusen är låsta. Figur 3 nedan visar planritningen för plan noll.

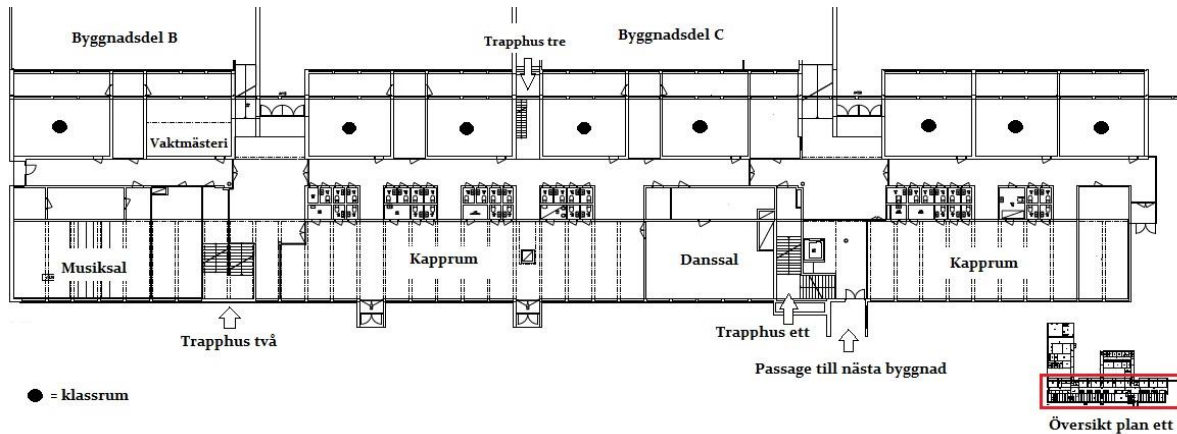


Figur 3 Planritning över del A på plan noll.

2.3.2 Del A – Plan 1

Plan ett del A består till stor del av kapprum och klassrum. Längst till vänster på ritningen, se figur 4, finns en musiksal, ett vaktmästeri och ett klassrum. Mellan trapphus ett och två finns ett stort utrymme där eleverna har sitt kapprum. Närmst trapphus ett finns även en danssal. På motsatt sida av kapprummet, längst upp på ritningen nedan, finns mestadels klassrum och grupprum. Till höger om trapphus ett,

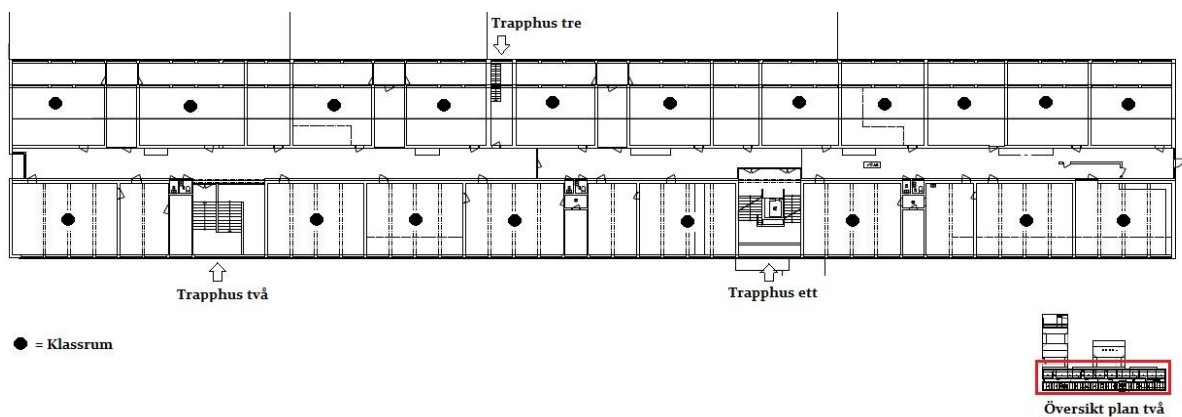
finns ytterligare en del med kapprum. Längs korridoren finns även två trapphus som leder ner till plan noll och dessa finns under trapphus ett respektive trapphus två. Precis som nämnts i avsnitt 2.3.1 ovan, är det bara personal med nyckel som har tillgång till dessa.



Figur 4 Planritning över del A på plan ett.

2.3.3 Del A – Plan 2

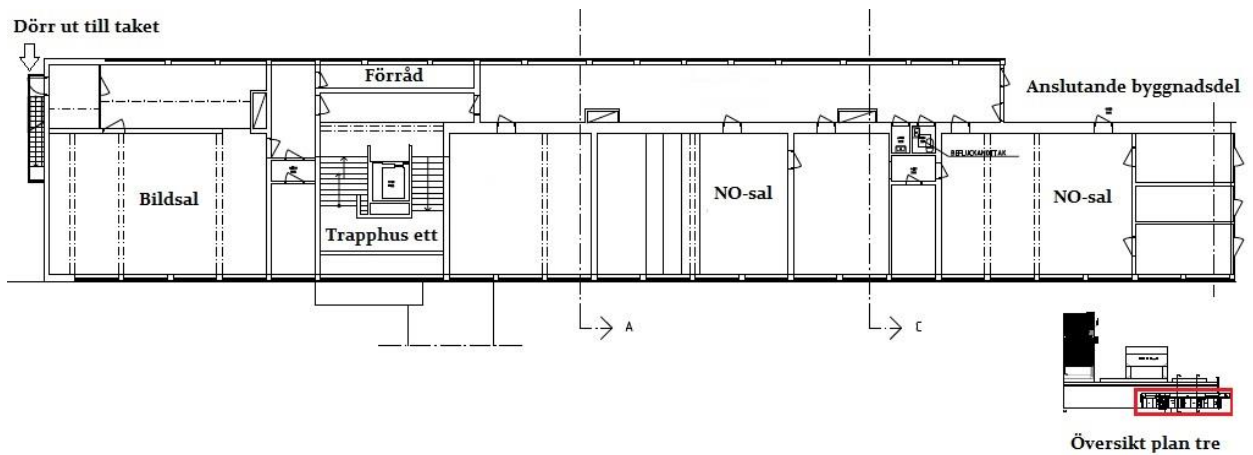
På plan två i byggnadsdel A löper en lång korridor med klassrum och grupprum om vart annat på båda sidor. På planet finns två större trapphus, i figur 5 nedan benämnda trapphus ett och trapphus två. Trapphus ett leder både upp till plan tre och ner till plan ett medan trapphus två bara leder ner till plan ett. På motsatt sida av de två större trapphusen finns en mindre trappa som också leder ner till plan ett.



Figur 5 Planritning över del A på plan två.

2.3.4 Del A – Plan 3

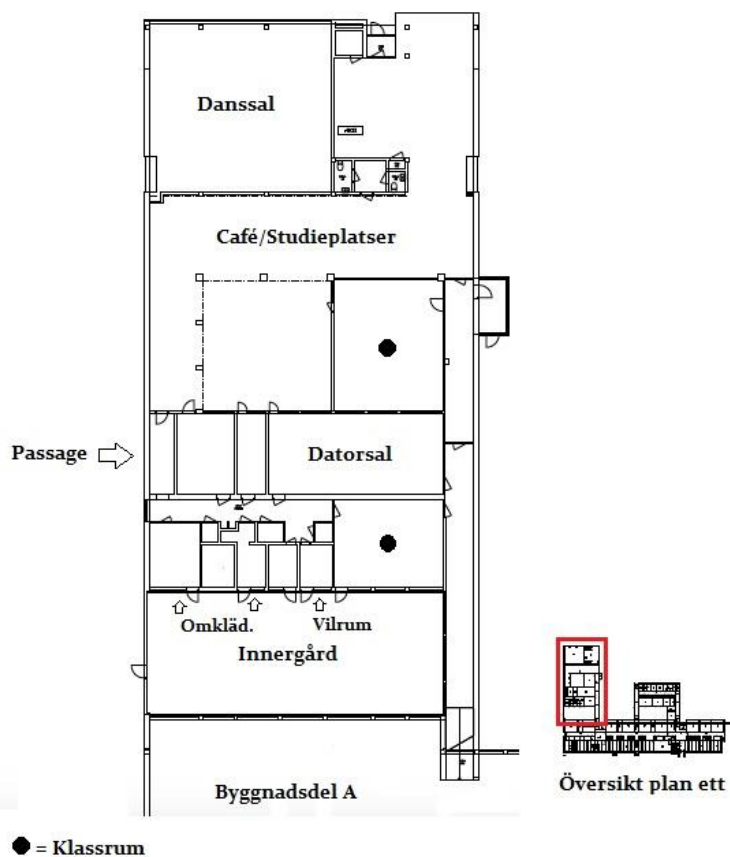
Byggnad A är den enda byggnadsdel som når upp till plan tre. Det är trapphus ett, med hiss, som leder upp till detta plan. Precis ovanför trappan, till vänster, ligger en bildsal och till höger en kort korridor med två NO-salar och ett par mindre rum, likt lärarrum eller grupprum för ett mindre antal personer. Det finns även ett litet förråd som ligger precis ovanför trappan. I figur 6 nedan visas planritningen.



Figur 6 Planritning över del A på plan tre.

2.3.5 Del B – Plan 1

I denna byggnadsdel löper en smal korridor längs högerkanten, se figur 7 nedan. I byggnadsdelen finns också två klassrum och en datorsal. Passagen mynnar ut i ett stort, öppet utrymme som används som studieplatser och som café. I anslutning till detta utrymme finns en stor danssal. Från utrymmet leder också en passage, benämnd passage i ritningen nedan, in till ytterligare en liten korridor där omklädningsrum och ett vilrum för personal finns. Från omklädningsrummen och vilrummet leder dörrar till en innergård.

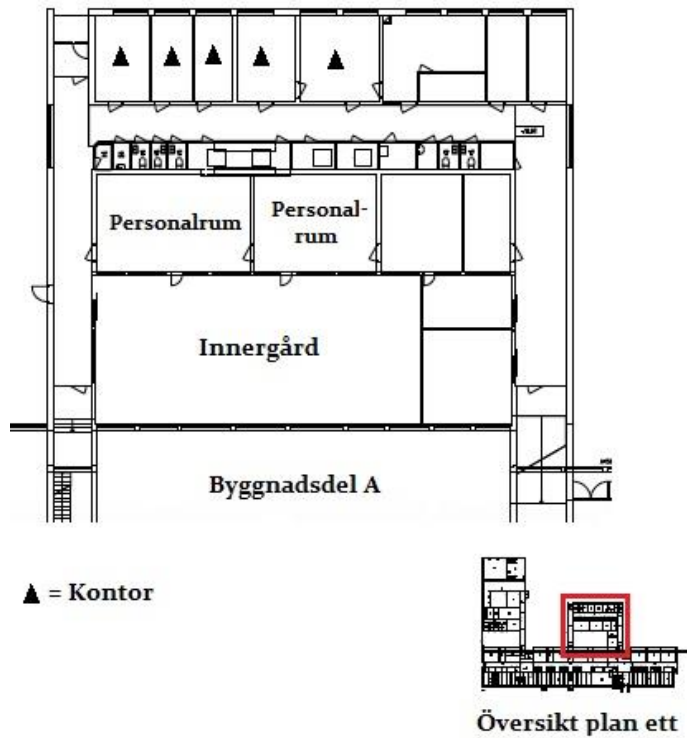


● = Klassrum

Figur 7 Planritning över del B på plan ett.

2.3.6 Del C – Plan 1

I byggnadsdel C finns den administrativa delen av skolverksamheten placerad. Där finns många kontor och en reception. Där finns även två större personalrum. Från personalrummen leder två dörrar ut till en sluten innergård, se figur 8 nedan.



Figur 8 Planritning över del C på plan ett.

3 Nyprojektering av brandskydd

I detta avsnitt förklaras vad nyprojekteringen av brandskyddet för objektet innebär, bland annat vilka klasser och brandcellsindelningar som ska gälla vid ombyggnation. Fokus ligger, som i hela rapporten, på brandskydd som är relaterat till personsäkerheten. Rekommendationerna i följande kapitel är författarnas egna förslag och om inget annat anges utgår rekommendationerna från gällande regler utgivna av Boverket, Boverkets Byggregler *BBR* samt Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd *BBRAD*.

När *BBR* omnämns hänvisas till källa Boverket 1, 2011. När *BBRAD* omnämns hänvisas till källa Boverket 2, 2013.

3.1 Förutsättningar

Vid renoveringen strävas det efter att utöka öppenheten i lokalerna. Vid projektering av brandskyddet är det därför viktigt att storleken på ny brandcellsindelning anpassas så att exempelvis ljusinsläppet inte begränsas mer än nödvändigt.

Korridorerna ska inte klassas som utrymningsväg då dessa ska vara möjliga att möblera för att kunna användas som uppehållsrum för eleverna.

Utrymning via fasad och tak bör undvikas. Detta för att byggnaden har vunnit ett arkitekturpris, se avsnitt 2 ovan, och därför bör inte utvändiga utrymningstrappor monteras på fasaden.

3.2 Verksamhetsklasser

Heleneholmsskolan bedöms som verksamhetsklass 2B. Skolan nyttjas inte för tillfällig övernattningsmen brandcellerna rymmer fler än 150 personer.

3.3 Byggnadsklasser

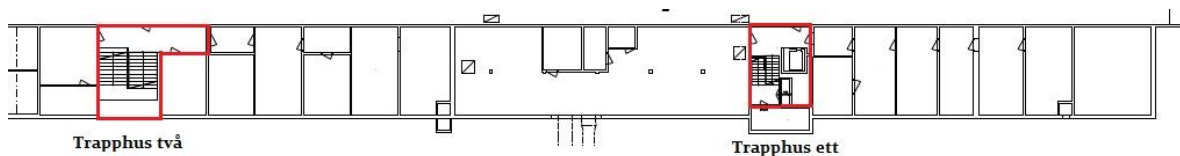
Enligt *BBR* ska byggnader med tre eller fler våningsplan utföras i byggnadsklass *Br1*. Byggnadsdel A har tre våningsplan samt en källare och bör därför byggas i denna klass. Byggnadsdel B och C har ett våningsplan vardera men de är båda två direkt anslutna till byggnadsdel A, därav måste dessa också utföras i byggnadsklass *Br1*. Uppföra brandväggar mellan byggnadsdelarna för att sänka byggnadsklasserna till *BR2* eller *Br3* anses orimligt.

3.4 Brandcellsindelning

Då hela byggnaden är klassad i byggnadsklass 1, *Br1*, måste enligt *BBR* 21 alla brandcellsskiljande byggnadsdelar klassas i *EI 60* då brandbelastningen är mindre än 800 MJ/m^2 golvyta, vilket är rimligt i en skolbyggnad. Nedan följer en beskrivning av föreslagen indelning av nya brandceller på respektive plan. Förutom de nedan beskrivna gränserna utgör även bjälklag brandcellsgränser.

3.4.1 Plan 0

På plan noll finns, som nämnts i avsnitt 2.3.1, endast skyddsrum, VVS-centraler och el-centraler. På detta plan bedrivs alltså ingen verksamhet och därmed räcker det att endast trapphusen utgör brandceller, se Figur 9 nedan.



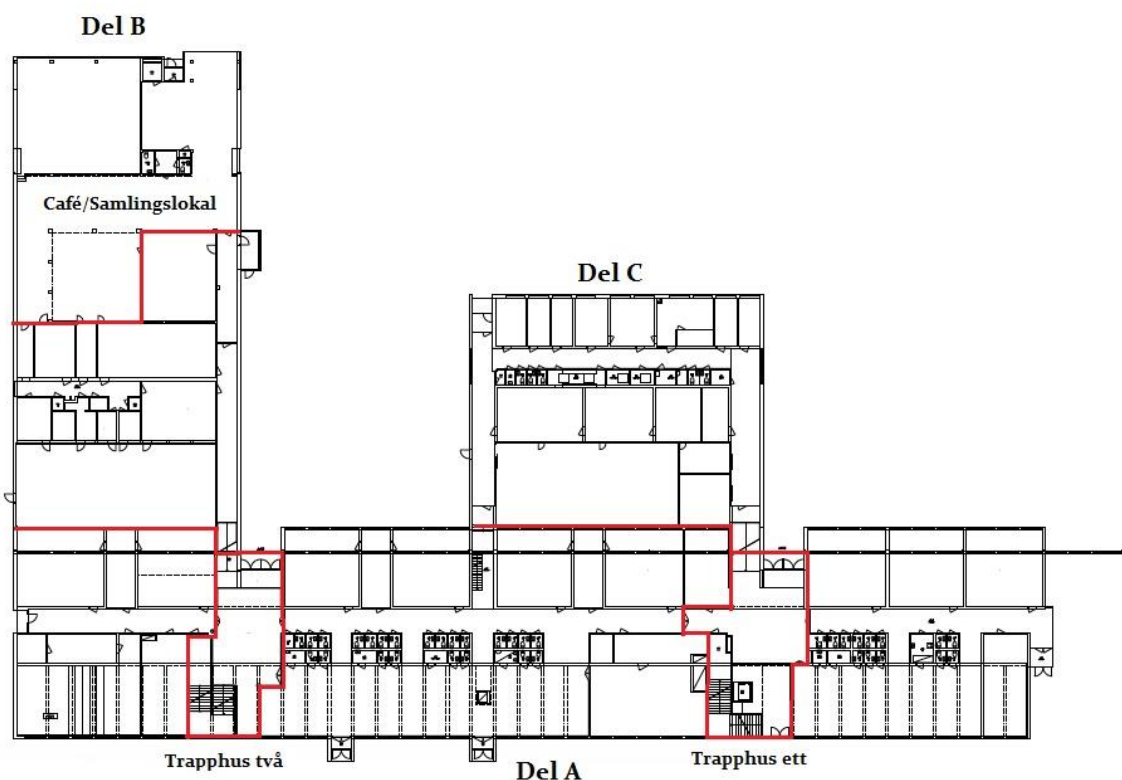
Figur 9 Brandcellsindelning på plan noll.

3.4.2 Plan 1

På detta plan utgör foajéerna tillsammans med trapphusen egna brandceller. Detta är de enda brandceller som finns i del A. Byggnadsdel A är sedan avskild med brandcellsgränser mot del B och C.

I del B är caféet placerat och eftersom öppenheten prioriterats har det valts att caféet tillsammans med danssalen får utgöra en egen brandcell. Detta ger då möjlighet att använda caféutrymmet som samlingslokal för större tillställningar och evenemang.

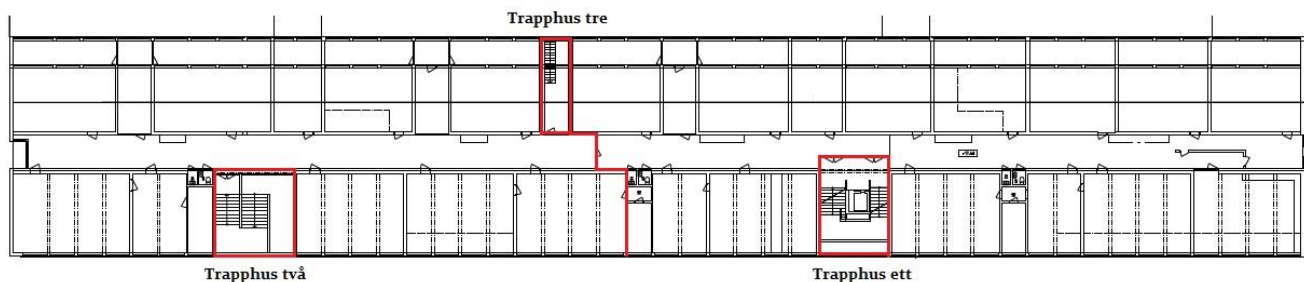
Hela byggnadsdel C, där den administrativa verksamheten är belägen, utgör en egen brandcell. Brandcellsindelningen för plan ett visas i figur 10 nedan.



Figur 10 Brandcellsindelning på plan ett.

3.4.3 Plan 2

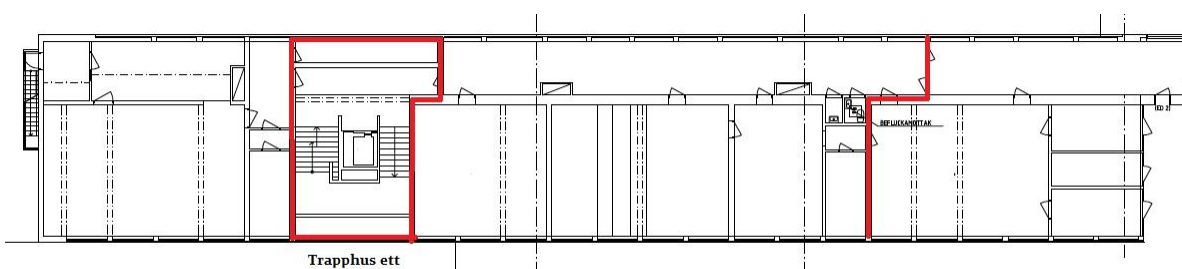
Förutom trapphusen, som utgör vertikala brandceller, har planet delats in i brandceller i två delar. Även trapphus tre, som endast går ner till plan ett, är en egen brandcell. Brandcellsindelning för plan två illustreras i figur 11 nedan.



Figur 11 Brandcellsindelning på plan två.

3.4.4 Plan 3

Vertikala brandceller har uppförts genom att använda trapphusen och dess anslutande utrymmen. Bild på brandcellsindelningen för plan tre visas i figur 12 nedan.



Figur 12 Brandcellindelning på plan tre.

3.5 Brandtekniska installationer

Genomgående skall byggnaden vara utformad med brandtekniska installationer som höjer personsäkerheten och i följande avsnitt redovisas lämpliga installationer att införa i samband med renoveringen. Att dessa införs är en grundläggande förutsättning för ett fungerande brandskydd och en utgångspunkt för följande riskvärdering.

3.5.1 Ventilationstekniskt brandskydd

Det finns flertalet metoder för att med förenklad dimensionering förhindra brandspridning via ventilationssystemet. Om luftbehandlingsinstallationerna inte är separata för varje brandcell bör kanalerna förses med spjäll med samma avskiljande förmåga som aktuell brandcell har. Spjällen skall klara hög temperatur och aktiveras inom den tid som krävs för att avsedd funktion skall uppnås. De kan vara i klass E (brandgasspjäll) eller EI (brand-/brandgasspjäll) och styrs via ett automatiskt brandlarm eller via rökdetektorer i ventilationskanaler.

Risk för brandspridning på grund av värmeöverföring genom ventilationskanaler bör förhindras genom att kanalerna isoleras vid brandcellsgenombrott. Upphängning av kanal mellan brandcellsgräns och brandspjäll ska uppföras i samma brandtekniska klass som den genombrutna byggnadsdelen det vill säga R 60 vid EI 60 gränser.

Fläktrum som betjänar fler än en brandcell kan utföras som ingående i en av de betjänade brandcellerna med brandspjäll mot övriga brandceller.

Övriga metoder räknas som analytisk dimensionering vilket innebär att alla luftbehandlingsinstallationer skall verifieras via provning eller beräkning. Handledning återfinns under kapitel 4.2 Ventilationstekniskt brandskydd i BBRAD.

3.5.2 Automatiskt brandlarm

En förutsättning för att nå en lämplig nivå på brandskyddet är att ett automatiskt brandlarm installeras i lokalerna samt att anläggningens funktion upprätthålls även under strömavbrott. Systemet skall utformas enligt SBF 110:7 så att det med hög tillförlitlighet detekterar brand och sänder vidare signalen till de funktioner som är beroende av larmet. Exempel på sådana funktioner är dörrstängare, spjäll eller fläktar i ventilationssystemet, brandgasventilation och utrymningslarm.

I Heleneholmskolans lokaler är rökdetektorer lämpligt. Den övervakade ytan per detektor skall inte överstiga 100 m² och placeringen skall anpassas så att ingen del av taket är på ett större horisontellt avstånd än 10 meter (Svenska Brandförsvärsföreningen, 2001).

3.5.3 Utrymningslarm

Utrymningslarmet skall utformas så att samtliga personer som vistas i lokalen nås av information om utrymning. Larmet bör kunna avge utrymningssignal minst 30 minuter efter ett strömavbrott på 24 timmar. Ringklocka är lämpligt i den aktuella skolmiljön.

Vid akustiskt larm skall hörbarheten vara sådan att signalen kan uppfattas i hela den berörda delen av byggnaden. Om larmsignalen förstärks med blixtljus samt skyltning ökar informationsmängden och en positiv effekt fås på både beslut och reaktionstid hos de utrymmande (Frantzich, 2001). För att även hörselskadade skall nås av varningssignalerna skall kompletterande larmdon av optisk karaktär installeras i utrymnen där de kan förväntas befinna sig ensamma, exempelvis hygienutrymnen.

3.6 Utrymningsvägar

Byggnader bör utformas så att det ges möjlighet till tillfredställande utrymning vid brand. Det skall finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar i hela byggnaden där personer vistas. Maximala gångavstånd finns tabellerade i BBR och ska mätas så att dimensioneringen utförs för det mest ogynnsamma fallet.

Före ombyggnaden saknas det möjlighet att utrymma åt två håll i de nordöstra delarna på plan 2 och 3, längst till vänster i figur 4 och figur 5. Detta måste åtgärdas med ytterligare en nödutgång längst ut vid kortsidan som vetter mot nordöst på dessa två plan. Utrymningsvägen kan konstrueras i form av ett trapphus antingen på insidan eller med en utvändigt trappa på fasaden. Om ett nytt, invändigt trapphus konstrueras bör detta göras längst ut, alltså längst till vänster i byggnaden, se figur 4 och figur 5. Vid uppförande av nytt trapphus, invändigt eller utvändigt, krävs det utrymning längs med taket.

Det krävs en fri utrymningsbredd på minst 1,20 meter på utrymningsvägar som betjänar fler än 150 personer och en sammanlagd utrymningsbredd på 1,00 meter per

150 personer samt en utrymningsbredd på 1,00 meter per 300 personer då en utrymningsväg är blockerad. Minsta utrymningsbredd uppfylls redan innan nya utrymningsvägar projekterats. I tabell 1 nedan beskrivs den maximala personbelastningen per våning med avseende på den utrymningsbredd som finns tillgänglig innan projektering av nya utrymningsvägar. På första våningen anses både dörrar och fönster möjliga utrymningsvägar. För fullständiga beräkningar hänvisas till bilaga I.

Tabell 1 Minsta dörrbredd och maximal utrymningsbelastning med avseende på utrymningsbredd.

Våning	Minsta dörrbredd [m]	Total dörrbredd [m]	Maximal personbelastning	Nuvarande personbelastning
2	1,2	2,5	375	95
3	1,2	5,0	553,5	450

3.6.1 Dörrstängare och Nödöppningsanordning

Dörrar i brandcellsgräns får ställas upp med exempelvis magnethållare med dörrstängningsfunktion. Aktivering av dörrstängningsfunktionen skall ske automatiskt vid brand och utformas så att brandcellsgränsernas funktion upprätthålls. Boverket rekommenderar lägst brandteknisk klass C1.

3.7 Utrymningsplatser

Publika lokaler som ska vara tillgängliga för personer med funktionsnedsättning skall förses med minst två oberoende utrymningsplatser. Syfte med utrymningsplatser är att förbättra möjligheten till utrymning för personer med nedsatt rörelse- eller orienteringsförmåga. Minst en utomhusrullstol med måtten 1,3×0,7 m skall rymmas.

Då byggnad A består av fler än en våning skall det finnas minst en utrymningsplats på varje plan ovanför markplan. Den skall placeras i utrymningstrapphuset eller i intilliggande brandcell. Dörrar till utrymningsplatser skall utföras i S-klass och brandgaser skall förhindras spridas in i utrymnet.

3.7.1 Utrymningsplaner

Utrymningsplaner bör finnas utplacerade i lokalerna enligt Arbetsmiljöverkets föreskrifter. De bör följa SS 2875 och bland annat innehålla information om utrymning, återsamlingsplatser samt hur räddningstjänst larmas.

3.7.2 Vägledande markeringar

I anslutning till utrymningsvägar och de dörrar som är avsedda för utrymning skall det finnas vägledande markeringar. Skyltarna skall utformas som gröna skivor med tydliga vita symboler som lätt ska kunna uppmärksammas och de bör vara belysta eller genomlysta både vid normaldrift samt vid strömavbrott. De bör i övrigt följa rekommendationen SS-EN 1838 om utrymningsskyltar. Väg till utrymningsplats samt tillgänglig utrymningsväg till säker plats bör kompletteras med symbol för personer med nedsatt rörelseförmåga.

3.7.3 Belysning

Utrymningsvägar ska förses med allmänbelysning som med tillfredställande säkerhet fungerar. Där utrymningsvägen mynnar ut i det fria skall det finnas belysning även på utsidan av byggnaden. I de delar av Heleneholmsskolan som har tre våningar bör två efter varandra följande ljuskällor inte slockna till följd av samma fel. Det kan säkerställas genom att ansluta belysningen till olika grupsäkringar och jordfelsbrytare.

Nödbelysning skall finnas i utrymningsvägar i byggnader som innehåller samlingslokal. I Heleneholmsskolan gäller detta i byggnadsdel B. Vid strömavbrott ska nödbelysningen ge avsedd belysning under minst 60 minuter.

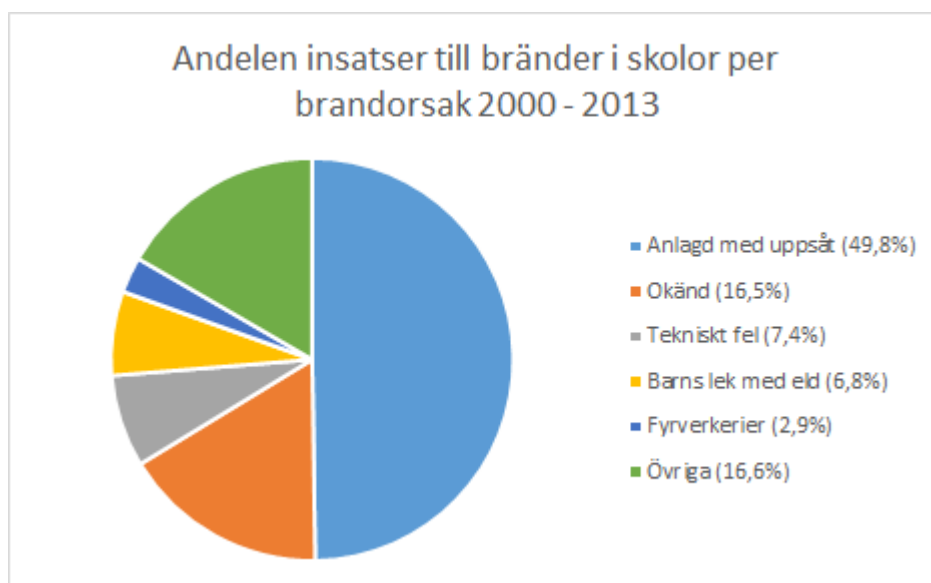
4 Riskidentifiering

Det är ett stort antal brandscenarier som kan tänkas uppstå i Heleneholmsskolan och det är utmanande att identifiera samtliga av dem. Metodiken som används för att lösa problematiken bygger på en scenarioanalys där ett antal brandscenarion och dess påverkan på personsäkerhet undersöks. Möjliga scenarier tas fram genom en grovanalys och bedöms sedan utifrån sannolikheten att de inträffar samt hur stora dess följder blir. Riskidentifieringen baseras på logiska resonemang utifrån platsbesök, ritningar samt följande aspekter:

- Lokalernas utformning och verksamhet
- Skydd mot uppkomst av brand
- Skydd mot brand- och brandgasspridning
- Förutsättning och möjlighet till utrymning

4.1 Statistik

Statistik över andelen insatser till bränder i skolor per brandorsak under åren 2000 till 2013 illustreras i figur 13. Hälften av dessa bränder är anlagda och eftersom anlagd brand är så pass vanligt tas en stor hänsyn till det i följande resonemang kring möjliga brandscenarier i Heleneholmsskolan.



Figur 13 Andelen insatser till bränder i skolor per brandorsak 2000-2013 (MSB, 2015).

4.2 Grovanalys

För att skaffa en uppfattning om föreliggande risk utförs en grovanalys av ett antal brandscenarier som kan tänkas uppstå i lokalerna. Metoden ger en kvalitativ lista där scenarierna graderas med avseende på dess sannolikhet och konsekvens. Graderingen sker efter en femgradig skala som redovisas i tabell 2. Det är en inbördes relativ skala som bygger på statistik samt logiska resonemang (Nystedt, 2000). Resultatet av graderingen visas i en riskmatris, se figur 14.

Tabell 2 Kvalitativ graderingsskala för brandscenarier.

Riskgradering	Definition av sannolikhet	Definition av konsekvens
1	Mycket låg sannolikhet	Mycket låg konsekvens
2	Låg sannolikhet	Låg konsekvens
3	Måttlig sannolikhet	Måttlig konsekvens
4	Hög sannolikhet	Hög konsekvens
5	Mycket hög sannolikhet	Mycket hög konsekvens

4.3 Brandscenarier

Nedan presenteras troliga brandscenarier som kan uppstå på Heleneholmsskolan.

Scenario 1. Brand i Café

I caféet bedrivs verksamhet som kan ge en ökad sannolikhet för brand. Här tillagas mat vilket leder till att exempelvis varma ugnar eller spisplattor utgör möjliga antändningskällor. Konsekvensen av just detta bedöms däremot vara låg då personal som kan ingripa då de finns närvarande under verksamhetens drift. I lokalen finns brandbelastning i form av bord och stolar, soffgrupper och annan lös inredning vilket kan problematisera utrymning. Konsekvensen av brand i lokalen anses vara hög.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

Scenario 2. Brand i bibliotek

I ett bibliotek finns få möjliga antändningskällor men liksom i övriga delar av lokalen finns risk för anlagd brand. Sannolikheten för brand anses dock låg. Stora mängder böcker kan utgöra en hög brandbelastning. Möbleman i form av hyllor, soffgrupper och stolar skulle kunna ge bidrag till ökad konsekvens vid brand men bibliotekarie antas finnas på plats under kontorstid och kan då upptäcka den eventuella branden tidigt och lindra konsekvenserna genom ett snabbt ingripande.

Sannolikhet: 1

Konsekvens: 3

Scenario 3. Brand i toalett

På toaletterna erbjuds eleverna en insynsskyddad miljö där de enkelt kan sätta eld på en papperskorg, pappersrullar eller pappershanddukar. Sannolikheten för brand anses därför vara hög. Brandbelastningen är däremot låg och risk för brandspridning anses som liten då väggarna på toaletterna är murade i tegel. Detta leder till låg konsekvens.

Sannolikhet: 5

Konsekvens: 1

Scenario 4. Brand i korridor

I korridorerna planeras det efter renoeringen finnas möbleman i form av spontant umgänge. Papperskorgar och elevskåp kan ses som rimliga startobjekt och då allmänheten har tillgång till dessa delar av byggnaden kan anlagd brand med uppsåt ses som ett sannolikt scenario. Stora delar av korridorerna har relativt högt i tak och

större delen av väggarnas ytskikt består av rent tegel vilket är två faktorer som leder till reducerad konsekvens men vid eventuell utrymning kan det finnas mycket folk i korridorerna och det är dessutom troligt att en brand i korridor kan blockera en av utrymningsvägarna. Detta leder till mycket hög konsekvens av brand.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 5

Scenario 5. Brand i klassrum

Anlagd brand anses mycket sannolikt i klassrummen. I klassrummen finns väggpanel, bord och stolar som utgör brandbelastning, det finns även en del övrig inredning som kan brinna så som papperskorgar och gardiner vilket höjer konsekvensen av brand om den uppstår. Däremot förväntas lärare som bedriver undervisning ha bra översikt och därmed uppmärksamma en eventuell brand i ett tidigt skede. Det minskar konsekvensen av brand.

Sannolikhet: 4

Konsekvens: 3

Scenario 6. Brand i förråd

Elfel eller annat tekniskt fel kan i skolans olika förråd ses som antändningskälla, dock med låg sannolikhet. Däremot kan utrymmet anses som lockande att antända med uppsåt vilket ökar sannolikheten för brand. I förråden i byggnaderna antas brännbart material förvaras, exempelvis utskriftspapper, toalettpapper, kartonger, kemikalier och annat undervisningsmaterial. Beroende på placering och omfattning av lagrat materiel kan detta leda till en större konsekvens av brand men då brand i något av förråden inte antas spridas till omkringliggande rum eller i större grad påverka utrymningsvägarna anses den sammanvägda konsekvensen vara låg.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 2

Scenario 7. Brand i NO-salar

Sannolikheten för att brand skulle uppstå i en av NO-salarna anses relativt låg på grund av bra rutiner i undervisningen men skulle exempelvis kunna bero på olycka. I och kring NO-salarna förväntas olika brandfarliga vätskor och andra potentiellt riskfyllda kemikalier förvaras. Naturgas leds till bunsenbrännare i dessa rum. Kopplingar och ventiler skulle vid felaktig användning kunna ge upphov till läckage av gasen. Lärares närvaro vid undervisning och begränsad tillgång till utrymmet när undervisning inte sker sänker sannolikheten för att brand skall uppstå. Konsekvensen av brand anses i denna del av byggnaden vara hög på grund av att eleverna kan befinna sig i utrymmet då branden uppstår.

Sannolikhet: 3

Konsekvens: 4

Scenario 8. Brand i personalrummet

I personalrummet bedrivs det verksamheter som kan utgöra riskbild, bland annat kokas det kaffe och värms mat. Den mänskliga faktorn kan resultera i att varma plattor eller kaffekokare glöms bort och lämnas påslagna vilket ger en något höjd sannolikhet för att brand skall uppstå, ändå bedöms den som låg. Då lokalen är välbesökt under dagtid och då brandbelastningen är liten bedöms konsekvensen av brand som låg.

Sannolikhet: 2

Konsekvens: 2

Scenario 9. Brand utifrån mot fasad

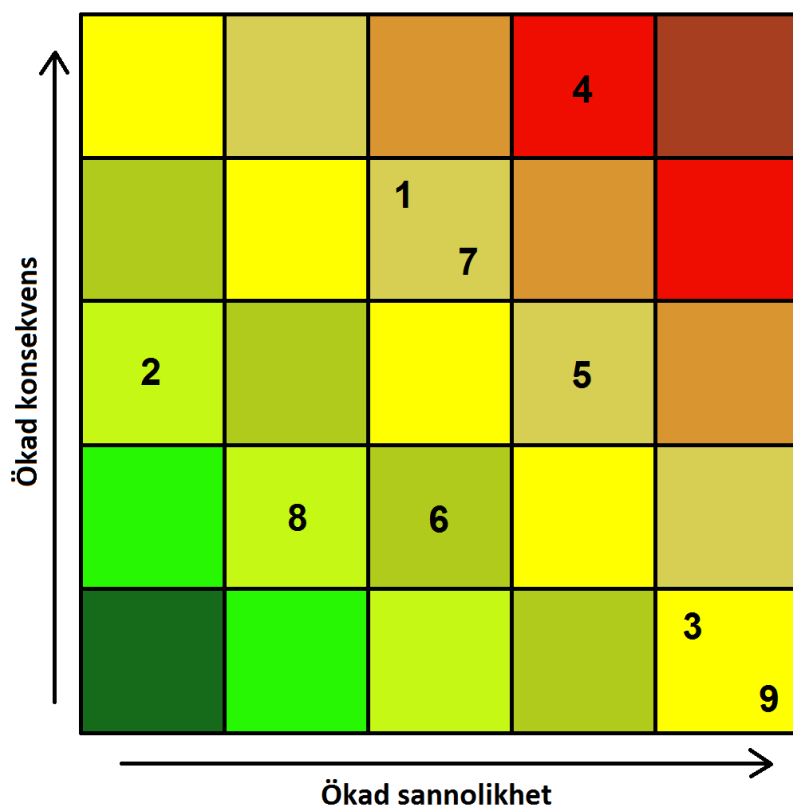
Heleneholmsskolan ligger i en offentlig miljö med höga kringliggande byggnader som ger insynsskydd. På helgerna kan skolgården nyttjas som samlingsplats för ungdomar. Sannolikheten för anlagd brand direkt mot fasaden bedöms som hög men då branden troligtvis inte kommer sprida sig längs med tegelväggarna och dessutom antas anläggas utanför skolans öppettider, ses konsekvensen av brand som låg.

Sannolikhet: 5

Konsekvens: 1

4.3.1 Riskmatris

I Figur 14 nedan ges en illustrativ bild på den framtagna riskmatrisen för de olika brandscenarierna.



Figur 14 Riskmatris för brandscenarier.

4.4 Värsta troliga brandscenarier

Efter grovanalys av möjliga brandscenarier i Heleneholmsskolan anses fyra vara av allvarligare karaktär. Det är de brandscenarier som hamnar i det övre högra hörnet i riskmatrisen, se Figur 14, som analyseras vidare då de utgör en trolig värsta påfrestning för byggnadens brandskydd. Dessa fyra utgörs av scenario 1 – Brand i Café, 4 – Brand i korridor, 5 – Brand i klassrum och 7 – Brand i NO-sal.

Eftersom klassrum, scenario 5, och NO-salar, scenario 7, är väldigt lika varandra så kommer endast NO-salarna att analyseras vidare. Detta för att konsekvenserna anses vara värre vid en brand i NO-sal än i klassrum då där kan finnas brandfarliga ämnen.

Scenario fyra, brand i korridor, kommer att användas på två olika ställen i byggnaden, i byggnadsdel A respektive C. Detta för att alla delar av byggnaden ska täckas in i analysen.

I resterande del av rapporten kommer de brandscenarier som analyseras vidare att kallas scenario A, B, C och D.

- Scenario A – Brand i café/samlingslokal vån 1, byggnad B
- Scenario B – Brand i korridor vån 1, byggnad C
- Scenario C – Brand i korridor vån 2, byggnad A
- Scenario D – Brand i NO-sal vån3, byggnad A

5 Utrymning

Enligt gällande regler skall byggnader konstrueras på ett sådant sätt att det ges möjlighet till en tillfredsställande utrymning innan kritiska förhållanden uppstår. Tillfredsställande utrymning innebär att personerna som utrymmer inte skall utsättas för nedfallande byggnadsdelar, hög temperatur, hög värmestrålning, giftiga brandgaser eller dålig sikt som hindrar utrymning till säker plats (Boverket 1, 2011). Verifieringen av möjligheterna till utrymning vid brand bör grundas på det maximala antalet personer som kan förväntas befinna sig i lokalen (Boverket 2, 2013).

För att kunna avgöra om utrymningssituationen i Heleneholmskolan är acceptabel används en metod som innebär att den totala utrymningstiden jämförs med tiden till de kritiska förhållandena uppstått. Utrymningstiden, $t_{utrymning}$ skall vara lägre än tiden för kritiska förhållanden, $t_{kritisk}$.

Om inte en tillfredsställande utrymning uppnås måste åtgärder vidtas samt en verifiering av åtgärdsförslaget göras för att kunna fastställa om de uppfyller kraven. Om inte, införs ytterligare åtgärder till dess att godkänd nivå uppnåtts.

För att utrymning skall ske utan att riskera personsäkerheten har boverket ansatt ett antal gränsvärden för vad som anses vara kritisk nivå för personsäkerhet. Gränserna beskriver nivån för vad en person maximalt bör utsättas för vid analys av utrymningssäkerheten (Boverket 2, 2013). De kritiska förhållandena beror på brandgaslagrets höjd, siktbarhet, temperatur, strålning samt toxicitet. I tabell 3 nedan redovisas kritiska förhållanden för respektive parameter. För att utrymning ska ske på godtagbar nivå krävs det att kraven på antingen siktbarhet eller brandgaslagrets höjd nås, samt att de övriga tre parametrarna inte är uppfyllda.

Tabell 3 Visar vilka kritiska nivåer som gäller för respektive parameter enligt BBRAD.

Parameter	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets höjd	Vid utrymning ska utrymmande personer ges god sikt och den höjd över golvet som brandgaslagret tillåts sjunka till anges utifrån ekvation 1. $H_{bgl} = 1,6 + 0,1 * H_{rum}$ Ekvation 1
Siktbarhet	I utrymnen som har en större area än 100 m ² ska sikten minst vara 10 meter och i utrymnen med en area mindre än 100 m ² ska sikten vara minst 5 meter. Sikten ska gälla 2,0 meter över golvet.
Temperatur	Personer får ej utsättas för temperaturer över 80° C.
Värmestrålning	Gränsen för strålningsintensiteten är 2,5 kW/m ² eller om personer utsätts kortvarigt för strålning så kan 10 kW/m ² i kombination med 60 kJ/m ² utöver energin från strålningsnivån på 1 kW/m ² accepteras.
Toxicitet	Kriteriet för toxicitet är att kolmonoxidkoncentrationen inte får överstiga 2000 ppm, koldioxidhalten får inte överstiga 5 procent, syrehalten får inte understiga 15 procent och precis som med siktbarheten gäller dessa kriterier 2,0 meter över golvet.

Utrymningssimuleringarna utförda i Simulex görs med avseende på full belastning i skolan, vilket motsvarar 30 personer per klassrum. I scenario A respektive scenario B har annorlunda belastningar valts (se respektive scenariobeskrivning) då dessa

scenarier inte äger rum under vanliga undervisningsförhållanden. I Simulex definieras de utrymmande som 44 procent män, 44 procent kvinnor, 11 procent barn och 1 procent funktionsnedsatta. Anledningen till att det har valts på detta vis är att ungdomar i gymnasieåldern ofta varierar kraftigt i storlek. Då många mer eller mindre har nått fullvuxen storlek har somliga långt kvar att växa, därav andelen barn. Valet av en procent rörelsehindrade kommer från BBRAD 3.3.1. I övrigt sätts förberedelsetiden enligt rekommendation i BBRAD 3.2.3 till 1 minut i skola i offentlig miljö. Då alla utrymmande inte kan reagera exakt samtidigt, har det även simulerats en normalfördelning av förberedelsetiden med medelvärde vid en minut och en standardavvikelse på 3,33 sekunder. Medelvärdet på förberedelsetiden i det rum där den simulerade branden är belägen ansätts till 10 sekunder med en standardavvikelse på 1,67 sekunder. Den rekommenderade tiden i BBRAD är en minut men de personer som vistas i aktuella utrymmen antas agera betydligt fortare än efter en hel minut. I diskussionsavsnittet går att läsa ytterligare om detta antagande.

Vidare definieras de utrymmande personerna efter ytterligare parametrar som detaljerat beskrivs i Bilaga G.

5.1 Människors beteende vid brand

Förutom nivån på de faktorer som nämns i föregående avsnitt spelar den mänskliga faktorn en avgörande roll för resultatet av en utrymning. Vid händelse av brand reagerar olika individer på olika sätt. Vid utrymning omnämns vanligen de tre faserna varseblivningstid, förberedelsetid samt förflyttningstid. Samtliga individer genomgår dessa stadier vid en nödsituation som resulterar i en utrymning (Frantzich, 2001). För att behandla osäkerheter i parametrarna används simuleringsprogrammet Simulex vid beräkning av den totala utrymningstiden. I totaltiden som simuleras i Simulex ingår dock inte varseblivningstiden utan denna räknas ut med hjälp av DetactT2.

Varseblivningstid är den tid som fortlöper från det att en brand startat tills individen blivit medveten om händelsen. Detta kan exempelvis ske genom att individen ser branden eller hör ett utrymningslarm (Frantzich, 2001). Om ett detektionssystem finns installerat kan en teoretisk tid till detektion beräknas med hjälp av modelleringsprogrammet DetactT2. Detektoraktivering för rökdetektorer kan antas ske vid en temperaturökning på 4-5° (Nilsson & Holmstedt, 2008). Då detektoraktivering skett kan varseblivningsstadiet antas vara över.

Förberedelsetid är den tid från detektion tills individen hunnit analysera informationen och agerar utifrån det. Det kan exempelvis handla om att utrymma, försöka släcka branden eller hjälpa andra personer utrymma. Parametern är problematisk att estimeras eftersom alla människor reagerar olika utifrån vilken typ av verksamhet det är, hur utrymningslarmet är utformat och om branden är synlig.

Förflyttningstid är tiden det tar för en person att utrymma från befintlig plats till säker plats. Bland annat god lokalkännedom, gångavstånd, gånghastighet, dörrbredd/trappbredd och belysning är faktorer som påverkar förflyttningstiden. Förflyttningstiden simuleras med Simulex.

5.2 Utrymningstid

Summeringen av de tre faserna varseblivningstid, förberedelsestid och förflyttningstid, som beskrivs i avsnitt 5.1, resulterar i utrymningstiden. Det är den tid det tar från att branden uppstått tills personerna i lokalen försatt sig i säkerhet, se ekvation 2.

$$t_{utrymning} = t_{varseblivning} + t_{förberedelsestid} + t_{förflyttning} \quad \text{Ekvation 2}$$

För att utrymningen skall anses säker skall utrymningstiden, $t_{utrymning}$, vara lägre än tiden till den kritiska nivån, $t_{kritisk}$.

Utrymningstiden kan beräknas på olika sätt, både genom att simulera i datorprogram och genom handberäkningar.

6 Analys av värsta troliga brandscenarier

Av de scenarier som valts i avsnitt 4.4 görs i detta kapitel en vidare kvantitativ analys av respektive fall. Nedan beskrivs de gemensamma rubriker som tas upp för varje scenario och en beskrivning av deras struktur och innehåll.

1. Beskrivning

Övergripande beskrivning av scenariot. Vidare beskrivning av utrymmet, dess innehåll, egenskaper och brandbelastning, men även blockerade nödutgångar. Gemensamt för alla scenarier är att den valda branden blockerar en nödutgång som anses vara av vikt för utrymningen.

2. Brandens egenskaper

Detaljerad beskrivning av brandens egenskaper, såsom bränsle och effektkurva.

3. Kritiska förhållanden

Tiden det tar för var och en av de fem parametrarna att uppnås, tabuleras i varje scenario. Brandgaslagrets höjd, siktbarhet, temperatur och toxicitet har tagits fram med hjälp av FDS-simuleringarna och strålningen har handberäknats med två olika metoder, se bilaga H. Observera att tiden till kritiska förhållanden är tagen då någon del av den simulerade volymen uppfyller kriterierna beskrivna i tabell 3. Detta betyder inte att de utrymmande som befinner sig i andra delar av byggnaden också utsätts för samma förhållanden. Somliga av dessa tider ligger före i tiden än tid till utrymning, men det behöver således inte betyda att de utrymmande exponeras för kritiska förhållanden.

4. Utrymning

Under denna rubrik presenteras resultaten från utrymningssimuleringar. Simuleringarna utförs dels i Simulex och dels med hjälp av en handberäkningsmetod. Tiderna för utrymning kommer att vara olika för de båda tillvägagångssätten. De tider som det utgås ifrån är Simulex-simuleringarna då dessa anses mer pålitliga eftersom personerna är utplacerade i den miljö som ska utrymmas. Anledningen till att även handberäkningar görs är för att kontrollera att simuleringstiderna är rimliga.

5. Resultat

Resultaten från brandsimuleringarna och utrymningssimuleringarna jämförs, vilket utförs genom att simuleringarna spelas upp parallellt. När kritiska förhållanden uppnås i en brandsimulering pausas uppspelningarna, därefter kan motsvarande utrymningssimulering analyseras för att avgöra huruvida en eller flera av de utrymmande utsätts för dessa kritiska förhållanden, eller om de hunnit försätta sig i säkerhet.

6. Åtgärder

För att åtgärda de problem som uppstår under utrymningsförloppet kommer det att presenteras åtgärdsförslag som ska förbättra utrymningsituationen för personerna som vistas i byggnaden.

7. Verifiering av åtgärder

Presentation för vilka resultat åtgärderna har gett, om utrymningstiden har förändrats och om tid till kritiska förhållanden har förbättrats. Dessa tider jämförs med varandra för att kontrollera att tillfredställande utrymning är möjlig att genomföra.

8. Slutsats

Kort diskussion om brandscenariot och vilken påverkan antaganden som gjorts kan ha haft på tider till kritiska förhållanden och utrymningsförloppet.

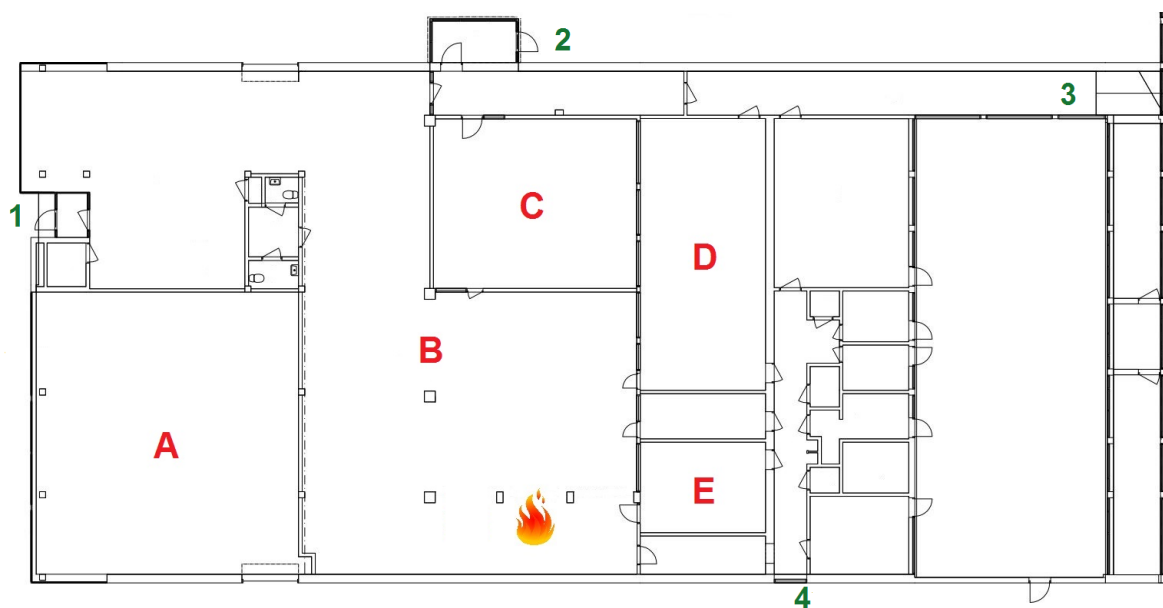
6.1 Analys av Scenario A – Brand i café/samlingslokal

Innan analys av detta scenario genomförs har en åtgärd utförts. I delen av caféutrymmet där det är lägre takhöjd är innertaket beklätt med träpanel. Detta måste åtgärdas för att undvika snabb brandspridning i utrymmet och därmed möjliggöra utrymning.

Nedan följer analys av brandscenariot brand i café/samlingslokal. De fullständiga beräkningarna redovisas i bilaga A.

6.1.1 Beskrivning

Rummet där branden är placerad består av en öppen golvyta där stolar och bord är utplacerade, även caféverksamheten är belägen här. Längs med väggarna står det bokhyllor som består av trä och metall. Det finns även en anslutande del till detta utrymme där det finns studieplatser. Materialet i väggar och tak består mestadels av betong och tegel. Rummets höjd varierar. Det finns tre ingångar in till utrymmet varav den ena är dörr i fasad. Caféet tillsammans med utrymmet för studieplatser kan tillsammans likställas med en samlingslokal då det vid större evenemang kan vistas fler än 150 personer här. Figur 15 nedan visar en översiktlig bild av brandscenario A.



Figur 15 Översiktlig bild av brandscenario A.

Figur 16 nedan är tagen i caféet och fotograferades från punkt B mot brandkällan. Skillnaden i takhöjd i rummet kan tydligt ses bortom pelarna.



Figur 16 Bild av caféet i riktning mot brand.

Figur 17 är tagen i caféet ur en annan vinkel, i riktning mot rum A. Här syns den befintliga innerbeklädnaden av träpanel tydligt.

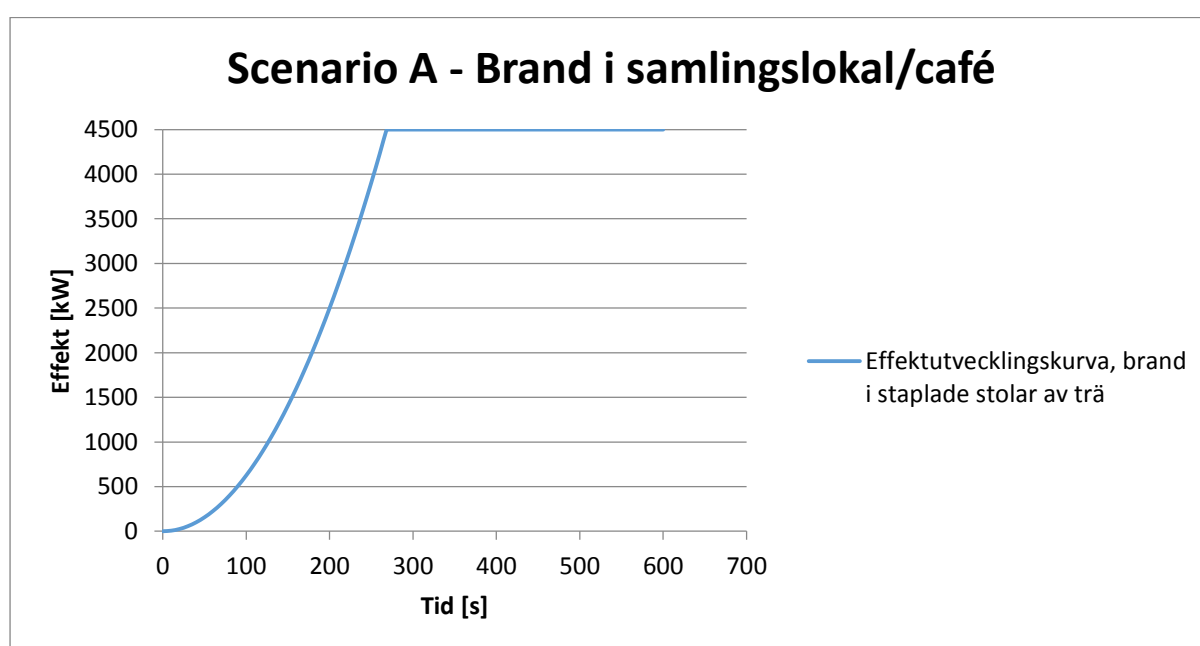


Figur 17 Bild av caféet i riktning mot rum A.

I scenario A uppskattas att det kan vistas 200 personer i lokalerna då det anordnas ett evenemang som t.ex. en gymnasiemässa. Vid ett evenemang av detta slag förväntas det att allt cafémöblemang i form av bord och stolar, har flyttats till annan plats. Det antas att stolarna har blivit staplade i ett hörn av samlingslokalen, rum B i figur 15 ovan. För att skatta utrymningsförloppet konservativt placeras stolarna så att en utrymningsväg blockeras. De personer som befinner sig i samma rum som branden antas uppmärksamma den i tidigt skede. De personer som befinner sig i anslutande utrymmen, i rum A, C, D och E i figur 15 ovan, anses ha längre reaktionstid vilket tidigare motiverats i avsnitt 5, Utrymning.

6.1.2 Brandens egenskaper

Branden antas starta i trästolar som är staplade i hörnet av lokalen. Effektkurvan har tagits fram med hjälp av ett experiment i *Initial Fires* där stolarna som testades bestod mestadels av trä, ungefärligt värde 2 kg per stol, med en dyna med polyuretanstoppling, ungefär 0,5 kg per stol (Särdqvist, 1993). I experimentet användes åtta staplade stolar och i detta scenario har det antagits att det finns fem sådana staplar. Maxeffekten för de åtta stolarna i experimentet uppgår till 900 kW och denna effekt nås på 120 sekunder. Med hjälp av maxeffekt och tid till maxeffekt beräknas sedan tillväxthastigheten till $0,0625 \text{ kW/s}^2$, vilket ligger mellan *fast* och *ultra fast* (Karlsson, Quintiere, 2000). Eftersom det i detta fall är 40 stolar kommer maxeffekten att bli 4500 kW och tid till detta uppnås är 268 sekunder. I figur 18 nedan visas effektkurvan för branden i de staplade stolarna.



Figur 18 Effektkurva för branden i de staplade stolarna i café/samlingslokal.

Eftersom effekten för branden är hög och nästan uppgår till 5 MW, vilket rekommenderas i BBRAD (Boverket 2, 2013), kommer branden att dimensioneras därefter. För mer utförliga beräkningar hänvisas till avsnitt *dimensionerande brand* i bilaga A.

Kontroll har också gjorts på övertändning och hur mycket luft det finns tillgång till i utrymmet. Övertändning uppstår någonstans mellan 8,9 MW och 10,1 MW och branden blir inte ventilationskontrollerad förrän efter 9 minuter. Det innebär att inget av dessa fenomen kommer till att inträffa under utrymningsförloppet. Vid beräkning av både övertändning och tillgång på luft har det antagits att ingen extra luft tillförs utrymmet under förloppet. För utförligare beräkningar hänvisas till avsnitt *ventilationskontroll* och *övertändningsberäkningar* i bilaga A.

Strålningsberäkningar har gjorts och det har gjorts genom att beräkna avståndet till kritiska nivåer uppstår. Kritiska nivåer uppstår då utrymmande personer befinner sig

närmre branden än 7 meter. Avståndet gäller då branden brinner med maxeffekt. Även strålning från brandgaslagret har beräknats och kritiska strålningsnivåer uppnås inte. För utförligare beräkningar på strålningen hänvisas till bilaga H.

6.1.3 Utrymning

Nedan följer resultaten för de utrymningsberäkningar som genomförts. Först redovisas resultaten från simuleringen utförd i Simulex och därefter dem från handberäkningarna.

Simulex programmeras med indata som redovisas utförligt i avsnitt 5 samt i bilaga G. Personerna placeras ut i rummen enligt tabell 4 nedan, inga personer i övriga brandceller tas i beaktning i utrymningssimuleringen. Varseblivningstiden är framtagen med hjälp av DetactT2 och är satt till 60 sekunder, med undantag för brandrummet där den är satt till 30 sekunder. Förberedelsetid i Simulex sätts i brandrummet till 10 sekunder och i övriga rum till 60 sekunder. Resultatet av utrymningssimuleringen visar att utrymningen tar 3 minuter och 37 sekunder.

Tabell 4 Utplacering av personer i brandscenario A.

Rum	Antal personer	Varseblivnings-tid	Förberedelse-tid	Vägval
A	80	60	60	Ej specificerat
B	90	30	10	Ej utgång 4
C	20	60	60	Ej specificerat
D	7	60	60	Ej specificerat
E	3	60	60	Utgång 4
Tot	200			

Handberäkningar har genomförts på två sätt för att se vilken del av utrymnet som tar längst tid att utrymma. Det fall som tar längst tid är då personer utrymmer från rum A och B till utrymningsvägen längst upp, se figur 15. Personerna som befinner sig i brandrummet, rum B, har möjlighet att se branden och därmed kommer deras varseblivningstid att bli 30 sekunder (Boverket 2, 2013). Personerna som befinner sig i rum A ser inte branden och får då en längre varseblivningstid, men eftersom det kan förväntas att det bildats kö vid dörren kan tiden fram tills dessa personer når utrymningsvägen försummas. Detta kommer nämligen inte ha någon inverkan på den totala utrymningstiden då de ändå måste köa vid utrymningsvägen. Förberedelsetiden sätts till 60 sekunder för de som befinner sig i rum A då de inte ser branden och kan förväntas ta längre tid på sig att förbereda utrymning (Boverket 2, 2013). Förberedelsetiden för personerna i brandrummet sätts till 10 sekunder då de anses agera betydligt fortare och det är denna förberedelsetid som kommer att användas vid beräkningarna då det kan antas att det bildats kö vid utrymningsvägen redan innan personerna i rum A når fram och då spelar deras varseblivnings- och förberedelsetid ingen roll för utrymningstiden. Resultatet blir en förflyttningstid på 280 sekunder och därmed en total utrymningstid på 320 sekunder, alltså 5 minuter och 20 sekunder.

För utförligare beräkningar se avsnitt *utrymningsberäkningar* i bilaga A.

6.1.4 Kritiska förhållanden

Kriterierna för kritiska förhållanden beskrivs i tabell 2 under avsnitt 5. Tiden till kritiska förhållanden i detta specifika brandförlopp redovisas i tabell 5 och uppstår i rum B.

Tabell 5, tider till när kritiska förhållanden i rum B nås för respektive parameter.

Parameter	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets höjd	Uppnås efter 2 minuter.
Siktbarhet	Utrymmet är över 100 m ² och således gäller 10 meters sikt. Detta infaller efter 1 minut och 15 sekunder i simuleringen.
Temperatur	Uppnås efter 2 minuter och 35 sekunder.
Toxicitet	Kriteriet för kolmonoxidkoncentrationen och koldioxidhalten uppnås inte under de förutsättningar som är satta i simuleringen.
Värmestrålning	Kritisk strålning uppnås då personer utrymmer närmre än 7 meter från branden. Detta uppstår inte under utrymningsförloppet.

Kritiskt förhållande gällande strålning nås på ett avstånd mellan 6,7 och 6,9 meter. Gränsen avrundas till ett värde på 7 meter. Beräkningar redovisas i bilaga H.

6.1.5 Resultat

Resultatet av simuleringen i Simulex visar att utrymningen tar 3 minuter och 37 sekunder. Enligt handberäkningen tar utrymningen 5 minuter och 20 sekunder.

Under scenario A uppstår det kritiska förhållanden i brandrummet innan alla personer hunnit utrymma.

Det kritiska värdet som uppnås gäller siktbarheten. Sikt under 10 meter uppnås efter 1 minut och 15 sekunder vilket innebär att personerna i lokalen kommer utsättas för kritiska förhållanden inom det tidsspänn som behövs för att utrymma lokalen. Det kan dock ifrågasättas om tio meters sikt är ett nödvändigt vid den kö som uppstår vid utgången, eftersom kön uppstår redan efter 1 minut och 10 sekunder. I en kösituation kan det anses rimligt att acceptera lägre sikt då det är lätt att uppfatta vilken riktning som leder ut. En siktbarhet på 5 meter är godkänt i en kösituation enligt BBRAD (Boverket 2, 2013). De personer som således kommer drabbas av kritiska förhållanden är de som utrymmer från rum A genom rum B.

Även kritisk nivå för temperatur uppnås innan alla personer hunnit utrymma lokalen.

Enligt BBRAD får dessa båda kriterier inte överstigas samtidigt vilket innebär att åtgärder behövs vidtas för att skapa säkra utrymningsförhållanden.

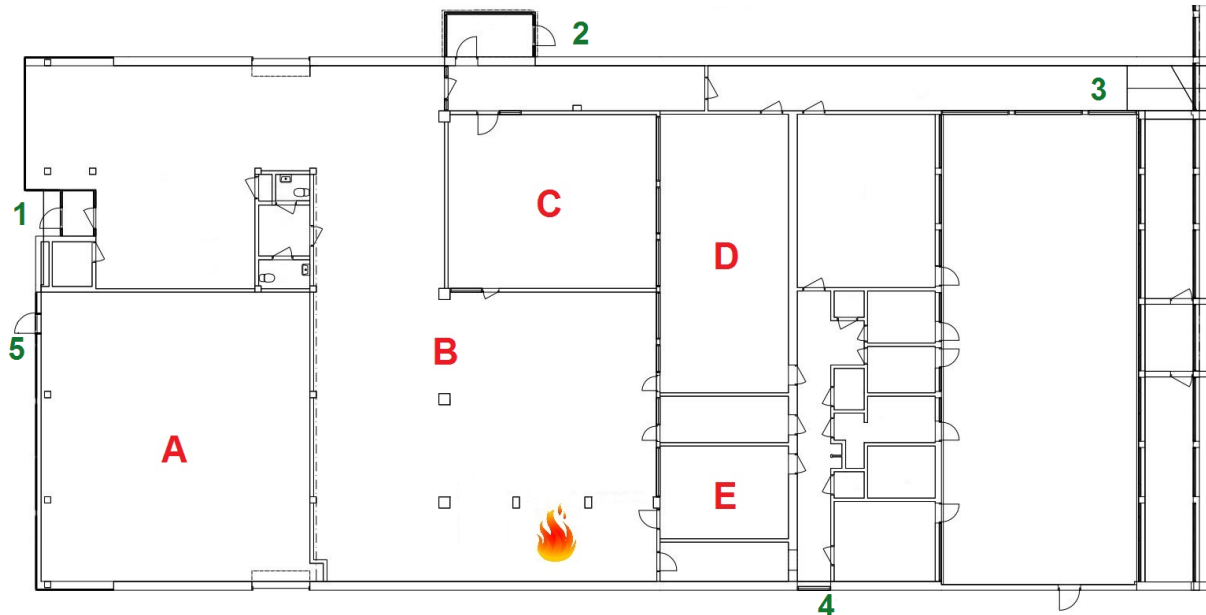
6.1.6 Åtgärder

För att åtgärda problemen med siktbarhet och temperatur införs en ytterligare utrymningsväg. En dörr från rum A ut till det fria anses som en enkel och rimlig lösning på de problem som uppstår, se utrymningsväg fem i figur 18 nedan.

Personerna har möjlighet att lämna lokalen snabbare och kommer inte behöva ta sig igenom brandrummet för att sätta sig i säkerhet. Det kommer även underlätta

utrymningen för personerna i brandrummet då det blir färre personer som kommer utrymma genom samma dörr.

Ett annat förslag är att sätta detektorerna tätare. Detta kommer att minska varseblivningstiden, vilket leder till förkortad utrymningstid för personerna i rum A då de inte ser branden från början.



Figur 18 Scenario A efter åtgärd med ny utrymningsväg.

Verifiering av åtgärder

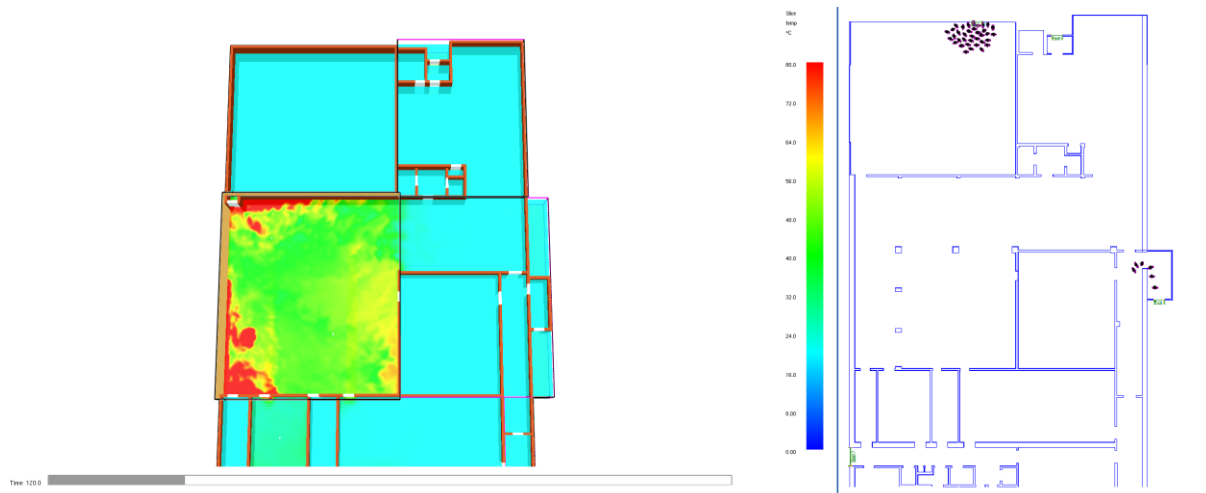
Kritiska förhållanden kommer inte att förändras för någon parameter då branden är den samma även efter åtgärder införts. Dock kommer utrymningstiden att förändras. För tider till kritiska förhållanden hänvisas till tabell 5 ovan.

Simulex ger ett resultat som visar en tillfredställande utrymning efter införandet av åtgärder. En liten del av de utrymmande personerna får passera genom områden som inte uppfyller siktbarhetskraven men det blir aldrig någon problematik gällande övriga gränser för kritiska förhållanden. Tillståndet illustreras i figur 19. Utrymningstiden efter införandet av åtgärder blir 2 minuter och 24 sekunder.

Handberäkningar ger ett resultat som visar en minskning på 1 minut och 20 sekunder av utrymningstiden efter införandet av den nya utrymningsvägen. Då personerna i lokalen, rum A, inte ser branden har varseblivningstiden ansatts till tiden då detektorn aktiveras, alltså ungefär 60 sekunder. Förberedelsetiden har satts till 60 sekunder (Boverket 2, 2013) och förflyttningstiden har beräknats till 2 minuter. Om dessa tre tider läggs ihop enligt ekvation 2 fås utrymningstiden, 4 minuter. För utförligare beräkninggång, se avsnitt *utrymningsberäkningar* i bilaga A.

Även efter att åtgärder införts hinner inte samtliga personer utrymma lokalen innan gränserna för kritiska förhållanden uppnåts. Det beror på att kö uppstår i utgångarna.

Dock uppnås inte kritiska förhållandena innan utrymningen färdigställts i den specifika delen av lokalen där kön uppstår. Figur 19 nedan illustrerar förhållandena i lokalen då de sista personerna utrymmer. Den vänstra bilden visar branden, den högra visar utrymningen. Den turkosa färgen i utrymnet där personerna befinner sig innebär ungefär 24°C.



Figur 19 Illustration över förhållandet i brandrummet då de sista personerna lämnar brandcellen. Den vänstra delen visar branden, den högra delen visar utrymningen med den nya utrymningsvägen.

6.1.7 Slutsats

Med avseende på brandsäkerheten i samlingslokalen är väggarnas innerbeklädnad bestående av träpanel mycket olämplig och skall tas bort. Träpanelen skapar en brandbelastning som enkelt kan undvikas.

Scenariot bygger på att brand uppstår i en stor mängd uppenbart olämpligt placerade staplade stolar i närheten av en utrymningsväg. Hög men trolig nivå på utvecklad brandeffekt, 5 MW, hämtas från BBRAD. Dessa faktorer skapar ett allvarligt brandscenario som dimensionerar nivån för utrymningssäkerheten.

Uppförande av en till utrymningsdörr anses vara en bra, enkel åtgärd för att minska tiden som krävs för att utrymma lokalen.

Efter införandet av en till utrymningsväg anses brandskyddet i lokalen lämpligt utformat.

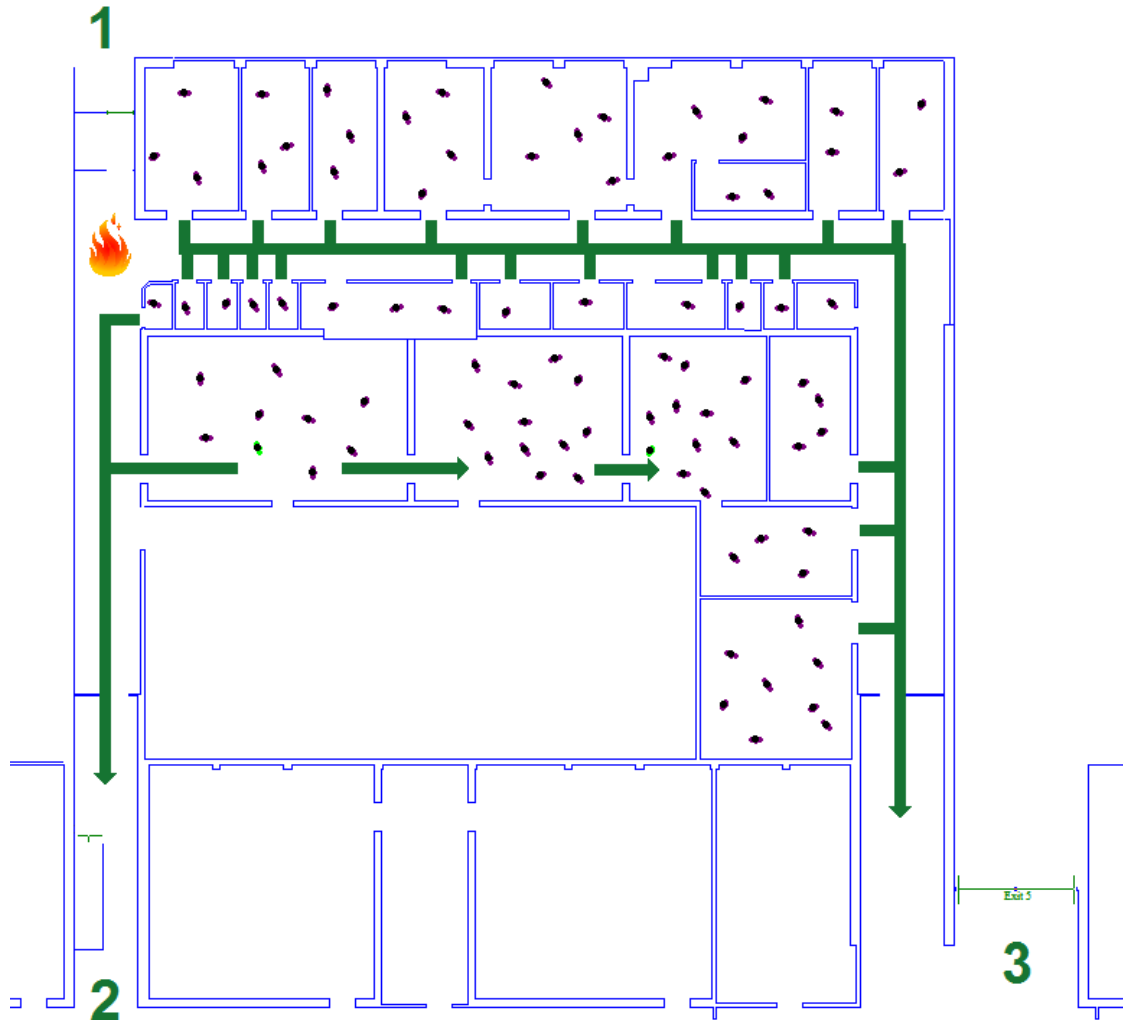
6.2 Analys av Scenario B – Brand i korridor, byggnadsdel C

Nedan följer analys av scenariot brand i korridor i byggnadsdel C. För fullständig beräkningsgång, se bilaga B.

6.2.1 Beskrivning

Byggnadsdel C rymmer den administrativa delen av skolverksamheten. Här finns en korridor som går genom hela byggnadsdelen och utmed dess sidor finns kontor, reception, personalrum och även en innergård. Väggarna består av tegel och taket består av betong.

Tanken är att korridoren ska möbleras för att kunna användas som en plats att umgås på. Då lokalerna används av administrativ personal kan det antas att det under arbetstid alltid vistas ett antal personer i byggnadsdelen. Figur 20 nedan visar en översikt av lokalen samt en hög personbelastning. Här finns begränsat med antändningskällor och därför förväntas branden vara anlagd i analysen.



Figur 20 Översiktsbild av simulerat brandscenario B, personbelastning inkluderad.

Båda bilderna nedan, figur 21 och figur 22 är tagna från punkten längs upp till höger i korridoren enligt figur 20 ovan. Den första är tagen i riktning mot branden medan den andra visar korridorsträckan mot byggnad A, rakt ner enligt figur 20.



Figur 21 Bild på korridor i byggnad C i riktning mot brand.

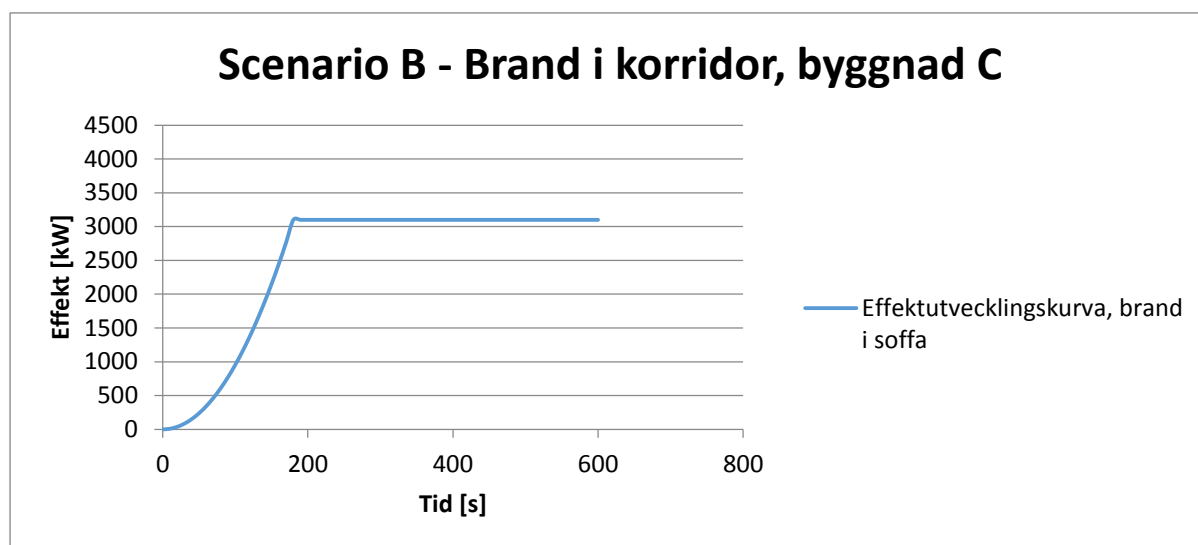


Figur 22 Bild på korridor i byggnad C i riktning mot byggnad A.

6.2.2 Brandens egenskaper

Branden antas starta i en soffa som är placerad nära en utrymningsväg. Till följd av branden blockeras vägen ut. Effektkurvan för soffan har tagits fram med hjälp av ett experiment dokumenterat i Initial Fires (Särdqvist, 1993) där maxeffekten är 3100 kW och tiden till denna effekt nås är 3 minuter. Detta är den soffa som utvecklar högst effekt av dem som testats och den valdes som lämplig att jämföra med då det leder till en konservativ skattning av brandförloppet.

Maxeffekten och tiden till maxeffekt motsvarar en tillväxthastighet på 0,096 kW/s² och ligger mellan *fast* och *ultra fast* (Karlsson och Quintiere, 2000). Effektkurvan för den testade soffan visas i figur 23 nedan.



Figur 23 Effektutveckling för den testade soffan i scenariot brand i korridor i byggnadsdel C.

Soffan utvecklar stor effekt, men då det inte är bestämt hur korridoren kommer att möbleras och med vilken mängd och typ av inredning, finns risken att branden sprider sig till intilliggande föremål och därmed har en högre effektutveckling. Därför kommer scenariot att dimensioneras för 5 MW enligt rekommendation i BBRAD (Boverket 2, 2013). För utförligare beräkningar se avsnitt *dimensionerande brand* i bilaga B.

Kontroll har också gjorts på övertändning och hur mycket luft det finns tillgång till i utrymmet. Övertändning uppstår någonstans mellan 6,3 och 7,9 MW och branden blir inte ventilationskontrollerad förrän efter 5 minuter. Det innebär att inget av dessa fenomen kommer att inträffa under utrymningsförloppet. Vid beräkning av både övertändning och tillgång på luft har det antagits att ingen extra luft tillförs utrymmet under förloppet. För utförligare beräkningar hänvisas till avsnitt *ventilationskontroll* och *övertändningsberäkningar* i bilaga B.

Branden är lika stor i scenario B som i scenario A och därmed uppstår kritiska förhållanden på samma avstånd. Kritisk strålningsnivå uppstår då utrymnande personer befinner sig närmre branden än 7 meter. Avståndet gäller då branden brinner med maxeffekt. Kritiska strålningsnivåer uppnås inte till följd av brandgaslagret. För strålningsberäkningar hänvisas till bilaga H.

6.2.3 Utrymning

Nedan följer resultaten för de utrymningsberäkningar som genomförts. Först redovisas resultaten från simuleringen utförd i Simulex och därefter de från handberäkningarna.

Simulex programmeras med indata som redovisas utförligt i avsnitt 5 samt bilaga G. Personerna placeras i rummen enligt figur 20, inga personer i övriga brandceller tas i

beaktning under utrymningssimuleringen. Varseblivningstiden är framtagna med hjälp av DetactT2 och är satt till 60 sekunder. Förberedelsetid i Simulex sätts i alla rum till 60 sekunder. Resultatet av utrymningssimuleringen visar att utrymningen tar 3 minuter och 28 sekunder.

Handberäkningar av utrymningstiden för detta scenario genomfördes på tre sätt. Det fall som tog längst tid var då personerna utrymde genom utrymningsvägen längst ner till höger, se figur 20. Det antas att personerna i byggnaden sitter på sina kontor och arbetar och inte omedelbart ser branden som uppstår i korridoren. Därmed kommer varseblivningstiden styras av detektionstiden. Detektionstiden har beräknats till ungefär 60 sekunder med hjälp av DetactT2. Förberedelsetiden är densamma som i förgående scenarier, 60 sekunder (Boverket 2, 2013) och förflyttningstiden beräknades till ungefär 120 sekunder. Den totala utrymningstiden blir därför 240 sekunder, alltså 4 minuter. För utförliga beräkningar se avsnitt *utrymningsberäkningar* i bilaga B.

6.2.4 Kritiska förhållanden

Kriterierna för kritiska förhållanden beskrivs i avsnitt 5 och listas i tabell 2. De kritiska förhållandena som uppstår under detta specifika brandförlopp redovisas i tabell 6 nedan. Indata till kritiska förhållanden kan finnas under bilaga B.

Tabell 6 Tider till kritiska förhållanden i korridoren nås för respektive parameter.

Parameter	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets höjd	Uppnås efter 1 minut och 25 sekunder.
Siktbarhet	Utrymnet är under 100 m ² och således gäller 5 meters sikt. Detta infaller efter 55 sekunder i simuleringen.
Temperatur	Kritisk temperatur uppnås efter 1 minut och 25 sekunder.
Toxicitet	Kriteriet för kolmonoxidkoncentrationen och koldioxidhalten uppnås inte under de förutsättningar som är satta i simuleringen.
Värmestrålning	Kritisk strålning uppnås då personer utrymmer närmre än 7 meter från branden. Så länge ingen inredning placeras närmre än 7 meter från en utrymningsväg kommer kritiska förhållanden under brandförloppet inte att uppstå. Därför bör ingen möblering ske inom detta avstånd.

Kritiskt förhållande gällande strålning nås på ett avstånd mellan 6,7 och 6,9 meter. Gränsen avrundas till ett värde på 7 meter. Beräkningar redovisas i bilaga H.

6.2.5 Resultat

Resultatet av simuleringen i Simulex visar att utrymningen tar 2 minuter och 28 sekunder. Enligt handberäkningen tar utrymningen 4 minuter.

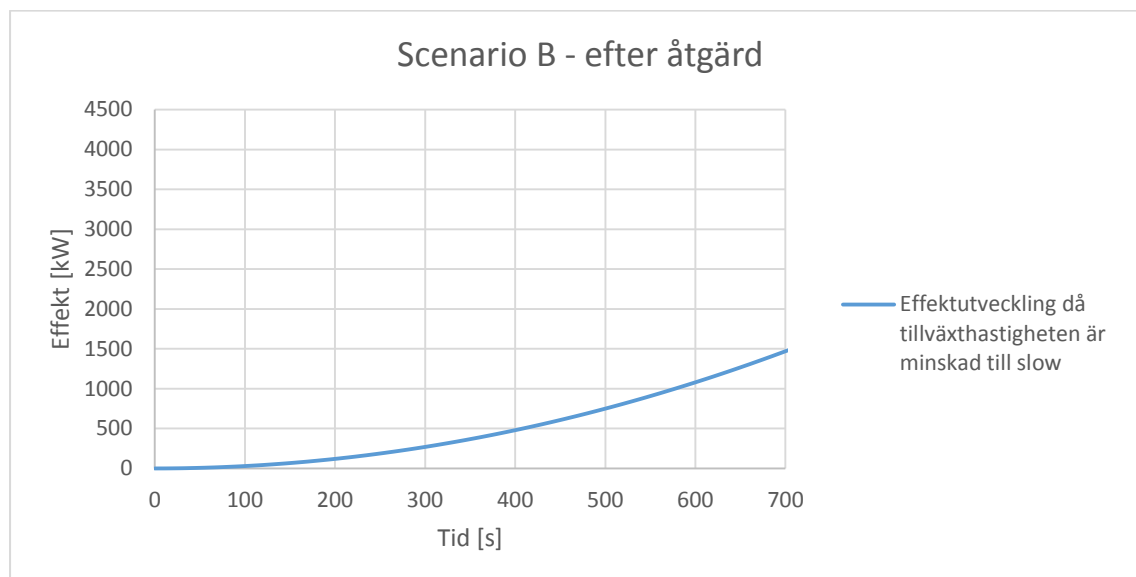
Under scenario B uppstår det kritiska förhållanden i lokalen innan alla personer hunnit utrymma.

Det kritiska värdet som först uppnås gäller siktbarheten. Sikt under 5 meter uppnås efter 55 sekunder. Även kritisk nivå för temperatur uppnås innan alla personer hunnit utrymma lokalen.

Enligt BBRAD får dessa båda kriterier inte överstigas samtidigt vilket innebär att åtgärder behövs vidtas för att skapa säkra utrymningsförhållanden.

6.2.6 Åtgärder

För att åtgärda problemen med siktbarhet och temperatur införs restriktioner om möblering av korridoren. Möblemaning i korridorsutrymmena skall vara brandskyddsbehandlat. På så vis minskas tillväxthastigheten för branden vilket leder till ökad tid för utrymning innan kritiska förhållanden uppnås. Som visas i effektkurvan i figur 24 nedan kommer brandens maxeffekt inte uppnås under utrymningsförloppet.



Figur 24 Effektkriva efter åtgärd för scenario B.

Eftersom brandskyddsbehandlade möbler har låg tillväxthastighet kommer det också ta längre tid för detektorerna att aktivera vilket i sin tur kommer öka utrymningstiden. För att motverka detta kommer detektorerna placeras med endast 10 meters mellanrum istället för 15 meter.

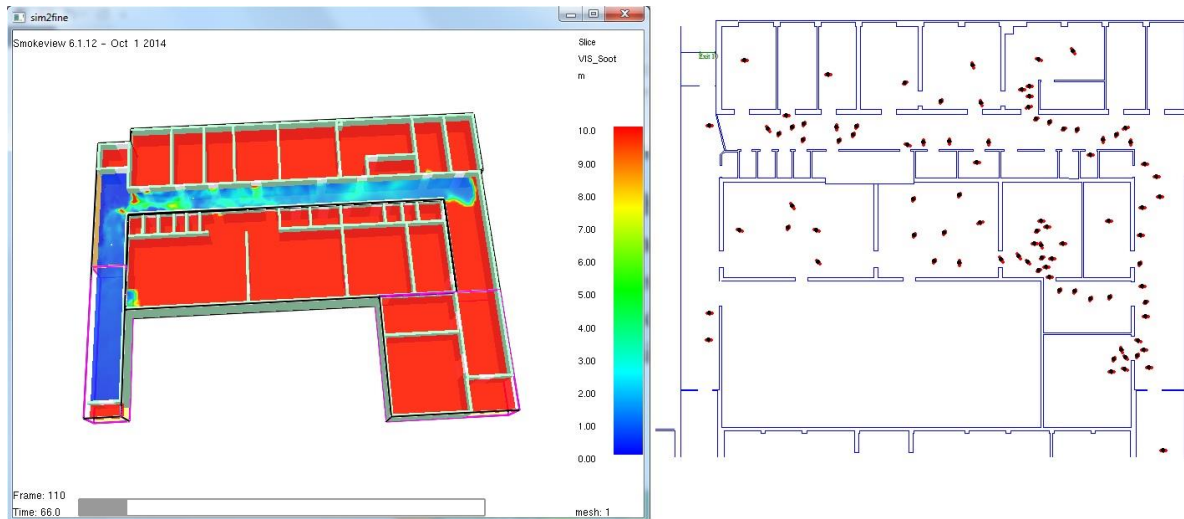
Verifiering av åtgärder

I tabell 7 nedan presenteras de parametrar vars kritiska förhållanden har förändrats efter åtgärderna genomförts.

Tabell 7 Tider till kritiska förhållanden i korridoren efter utförda åtgärder i scenario B.

Parameter	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets höjd	Uppnås efter 6 minuter
Siktbarhet	Utrymmet är under 100 m ² och således gäller 5 meters sikt. Detta infaller efter 3 minuter och 10 sekunder i simuleringen.
Temperatur	Uppnås efter 6 minuter.

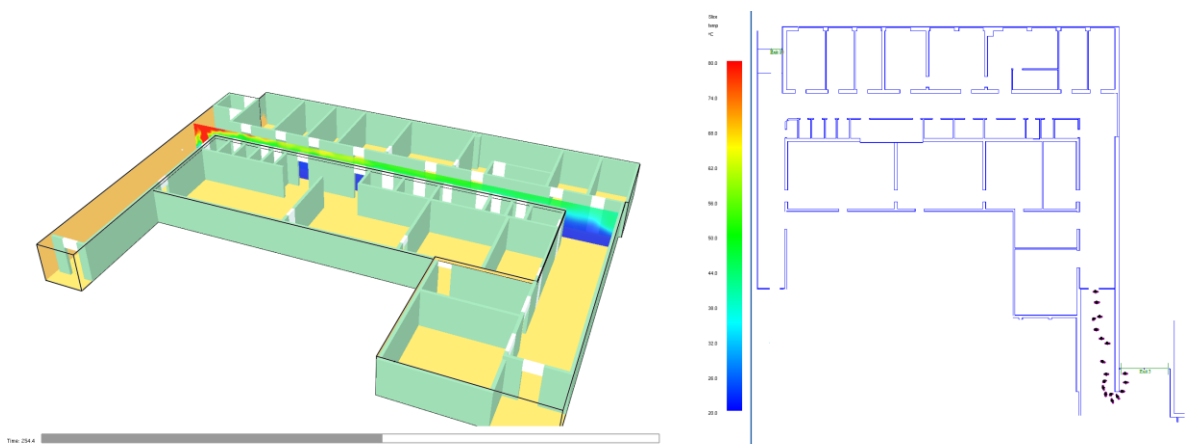
Simulex ger ett resultat som visar en tillfredställande utrymning efter åtgärder. En liten del av de utrymmande personerna får passera genom områden som inte uppfyller siktbarhetskraven, se figur 25, men det blir aldrig någon problematik gällande övriga gränser för kritiska förhållanden. Tillståndet illustreras i figur 25. Utrymningen tar efter åtgärd 4 minuter och 31 sekunder.



Figur 25 Illustration av förhållanden i korridoren då kritisk sikt uppstår. Den vänstra delen visar FDS-simulering medan den högra visar utrymningssimulering.

Handberäkningar av utrymningsförloppet efter införandet av åtgärder visar att det tar längre tid att utrymma lokalerna då tillväxthastigheten för branden har minskats drastiskt eftersom tiden till detektoraktivering ökat. Tillväxthastigheten har stor inverkan på detektoraktiveringstiden som efter åtgärderna blir 120 sekunder. Detta är en ökning på 60 sekunder, trots att detektorerna har flyttats närmre varandra. Detta innebär att utrymningstiden också ökar med 60 sekunder till totalt 5 minuter. För utförligare beräkningar se avsnitt *utrymningsberäkningar* i bilaga B.

Även efter att åtgärder införts hinner inte samtliga personer utrymma lokalen innan gränserna för kritiska förhållanden nås. Det beror på att kö uppstår i utgångarna. Dock uppnås inte gränserna för kritiska förhållanden innan utrymningen färdigställts i just den specifika delen av lokalen där kön uppstår. Figur 26 nedan illustrerar förhållandena i lokalen då de sista personerna utrymmer.



Figur 26 Illustration av förhållanden i korridoren då den sista personen har lämnat brandcellen. Den vänstra delen visar branden, den högra delen visar utrymningen.

6.2.7 Slutsats

Scenariot bygger på att brand uppstår i möbleman i närheten av en utrymningsväg som därmed blir blockerad. Hög men trolig nivå på utvecklad brandeffekt, 5 MW, hämtas från BBRAD. Dessa faktorer skapar ett allvarligt brandscenario som dimensionerar nivån för utrymningssäkerheten.

Möbleman som placeras i korridoren skall vara brandskyddsbehandlat för att undvika kraftig rökutveckling i lokalen och minska en eventuell brands tillväxthastighet. Även i de intilliggande kontoren skall möbleman vara brandskyddsklassat. Detta eftersom dörrarna ut i korridoren mestadels är öppna, vilket medför att brandgaserna kan sprida sig ut i korridoren och därmed orsaka kritiska förhållanden i utrymningsvägen. Inredning bör inte placeras närmre än 7 meter från utrymningsväg för att kritiska strålningsförhållanden inte ska riskera att uppnås. Detta kommer också göra att risken för blockerad utrymningsväg minskar. Detektorer skall inte vara placerade med mer än 10 meters mellanrum i korridoren.

Utrymningsmöjligheterna av lokalen anses vara tillfredställande trots att alla personer inte hunnit ut innan kritiska nivåer uppstått. Detta på grund av att de utrymmande personerna befinner sig i en kösituation i utgången. I området runt utgången är miljön långt ifrån de uppsatta gränsvärdena för kritiska förhållanden.

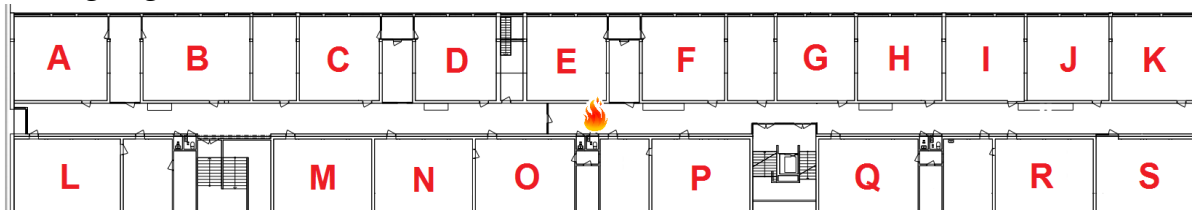
Efter införandet av restriktioner gällande möblering och placering av detektorer anses brandskyddet i byggnadsdel C vara lämpligt utformat och uppfyller kraven enligt BBRAD.

6.3 Analys av Scenario C – Brand i korridor, byggnadsdel A

Nedan följer analys av scenariot Brand i korridor, byggnadsdel A. För fullständiga beräkningar, se bilaga B och C.

6.3.1 Beskrivning

På plan två finns den längsta korridoren i de aktuella byggnadsdelarna. Brand placeras här då den skattas drabba flest personer vid utrymning. Från korridoren leder dörrar in till ett flertal klassrum på vardera sidan. Det finns två större samt ett mindre trapphus i anslutning till korridoren. Väggarna består av tegel och taket består av betong. Figur 27 nedan visar en översiktlig bild av brandscenario C.



Figur 27 Översiktlig bild av brandscenario C

För att få en uppfattning över korridorens längd ges hänvisning till figur 28 samt figur 29. Båda bilder är tagna mellan klassrum G och Q på andra våningen, figur 28 i riktning mot branden och figur 29 är i motsatt riktning av korridoren.



Figur 28 Bild på våning två av korridor i riktning mot brand.



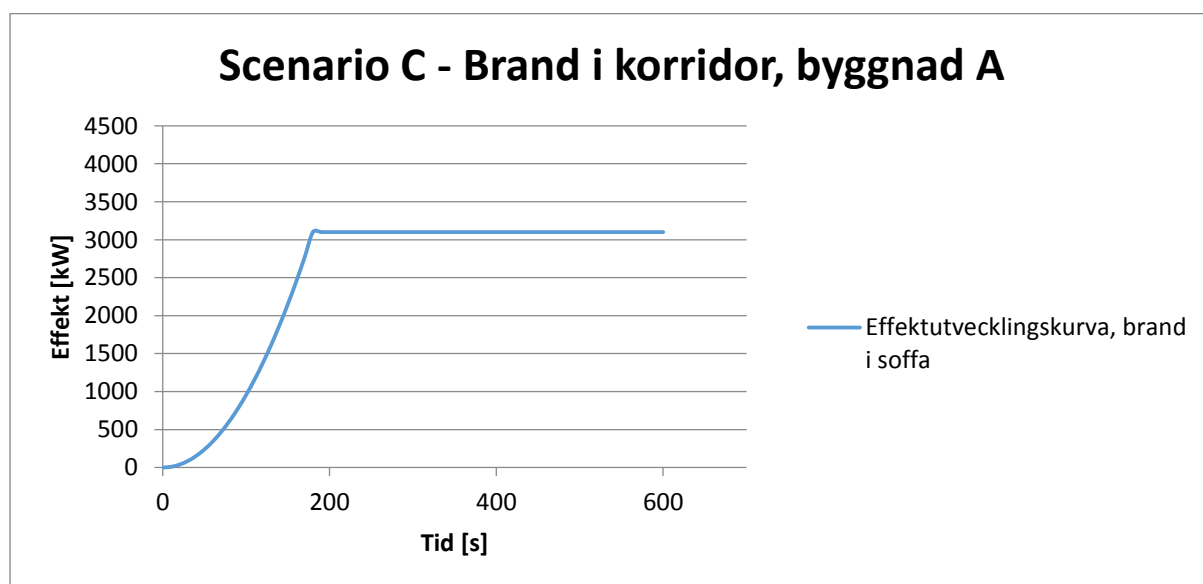
Figur 29 Bild på våning två av korridor i motsatt riktning.

Vilket tidigare nämnts i avsnitt 3 skall det efter ombyggnad vara möjligt att möblera korridoren och använda den som uppehållsrum för studenterna, därför antas möbler såsom soffor, bord och stolar finnas i utrymmet. Det finns begränsat med antändningskällor. Under lektionstid kan det antas att det inte vistas några personer i korridoren, alltså uppmärksammas branden först när rökdetektorn aktiveras och personer börjar utrymma.

6.3.2 Brandens egenskaper

Den dimensionerande branden är samma som i scenario B, alltså vald efter rekommendationer i BBRAD med en maximal effekt på 5 MW. För utförligare beräkningar se avsnitt *dimensionerande brand* i bilaga B och C.

Figur 30 nedan visar effektutvecklingskurvan för den testade soffan.



Figur 30 Effektkurva för dimensionerande brand i scenariot brand i korridor i byggnadsdel A.

Kontroll har även i detta scenario gjorts på övertändning och på hur mycket luft det finns tillgång till i utrymmet. Övertändning uppstår någonstans mellan 10,7 och 10,9 MW och branden blir ventilationskontrollerad efter ungefär 10 minuter och 50 sekunder. Det innebär att inget av dessa fenomen kommer att inträffa under utrymningsförloppet. Vid beräkning av både övertändning och tillgång på luft har det antagits att ingen extra luft tillförs utrymmet under förloppet. För utförligare beräkningar hänvisas till avsnitt *ventilationskontroll* och *övertändningsberäkningar* i bilaga C.

Brandens effekt är lika hög som i tidigare scenarier vilket innebär att kritiska förhållanden uppstår på samma avstånd som i scenario A och B. Kritiska nivåer uppstår då utrymnande personer befinner sig närmre branden än 7 meter. Avståndet gäller då branden brinner med maxeffekt. Strålning från brandgaslagret har beräknats och kritiska strålningsnivåer uppnås inte. För utförliga beräkningar av strålningsnivåer hänvisas till bilaga H.

6.3.3 Utrymning

Nedan presenteras utrymningsberäkningarna. Först de från utrymningssimuleringarna utförda i Simulex och sedan de från handberäkning.

Simulex programmeras med indata som redovisas utförligt i avsnitt 4 samt i bilaga G. Personerna placeras ut i rummen enligt tabell 8. Full utrymningsbelastning från plan 3 måste även simuleras parallellt då köbildning i trapphus 1 påverkar utrymningstiden. I övrigt tas inga personer i resterande brandceller i beaktning då dessa personer förutsätts vara i säkerhet då de inte befinner sig i den brandbelastade brandcellen. Varseblivningstiden är framtagen med hjälp av DetactT2 och är satt till 60 sekunder. Förberedelsetid i Simulex sätts i alla rum till 60 sekunder. Utrymningen tog 4 minuter och 5 sekunder.

Tabell 8 utplacering av personer i brandscenario C.

Rum	Antal personer
A-S	30 × 19
Tot vån 2	570
Från vån 3	120
Tot	690

Handberäkningar av utrymningsförloppet ger konservativa resultat då beräkning sker med en blockerad utrymningsväg. I detta fall ser personerna inte branden och därmed kommer varseblivningstiden att bli den tid till detektorerna aktiveras. Detta har beräknats med hjälp av DetactT2 och tiden till aktivering blev ungefär 60 sekunder. Förberedelsetiden är precis som i föregående scenarier 60 sekunder (Boverket 2, 2013) och förflyttningstiden beräknades till 160 sekunder. Detta ger en utrymningstid på 280 sekunder, alltså 4 minuter och 40 sekunder. För utförligare beräkningar se avsnitt *utrymningsberäkningar* i bilaga C.

6.3.4 Kritiska förhållanden

Kriterierna för kritiska förhållanden beskrivs i tabell 2 i avsnitt 5. De kritiska förhållandena som uppstår under detta specifika brandförlopp redovisas i tabell 9 nedan. Indata till kritiska förhållanden kan finnas under bilaga C.

Tabell 9 Tider till kritiska förhållanden nås i korridoren för respektive parameter.

Parameter	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets höjd	Uppnås efter 1 minut och 40 sekunder
Siktbarhet	Utrymnet är över 100 m ² och således gäller 10 meters sikt. Detta infaller efter 1 minut och 5 sekunder i simuleringen.
Temperatur	Uppnås efter 1 minut och 45 sekunder i korridoren på våning två.
Toxicitet	Kriteriet för kolmonoxidkoncentrationen och koldioxidhalten uppnås inte under de förutsättningar som är satta i simuleringen.
Värmestrålning	Kritisk strålning uppnås då personer utrymmer närmre än 7 meter från branden.

Kritiskt förhållande gällande strålning nås på ett avstånd mellan 6,7 och 6,9 meter. Gränsen avrundas till ett värde på 7 meter. Beräkningar redovisas i bilaga H.

6.3.5 Resultat

Resultatet av simuleringen i Simulex visar att utrymningen tar 4 minuter och 5 sekunder. Enligt handberäkningen tar utrymningen 4 minuter och 40 sekunder.

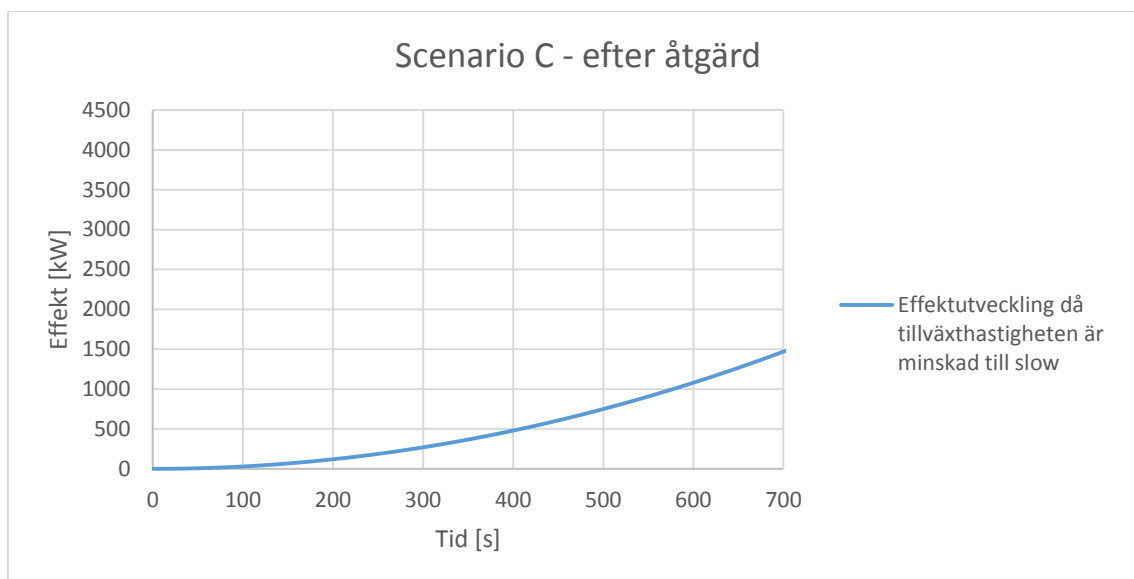
Under scenario C uppstår det kritiska förhållanden i lokalen innan alla personer hunnit utrymma. Det kritiska värdet som först uppnås gäller siktbarheten, sikt under 10 meter infaller efter 65 sekunder. Kritisk nivå för temperatur infaller efter 1 minut och 45 sekunder.

Kritisk nivå för värmestrålning uppnås då personer utrymmer närmre än 7 meter från branden. Så länge ingen inredning placeras närmre än 7 meter från en utrymningsväg kommer kritiska förhållanden under brandförloppet inte att uppstå. Därför bör ingen möblering ske inom detta avstånd.

Enligt BBRAD får kriterier för kritisk nivå för brandgaslagrets höjd och siktbarhet inte överstigas samtidigt vilket innebär att åtgärder behövs vidtas för att skapa säkra utrymningsförhållanden.

6.3.6 Åtgärder

Liknande åtgärder som i scenario B är lämpliga. Möblerna ska vara brandklassade så att brandens tillväxthastighet minskar och detektorerna ska placeras närmre varandra. Effektkurvan kommer efter åtgärderna se ut som illustreras i figur 31 nedan.



Figur 31 Effektkurva efter åtgärder i Scenario C.

Dock bör ytterligare en åtgärd införas för att höja nivån på brandskyddet i den här delen av byggnaden. Personerna i klassrummen har i de flesta fall bara en dörr att välja på då de ska utrymma lokalen vilket är den som leder ut i korridoren. För att minska risken för att dessa personer tvingas utrymma för nära eventuell brand i korridor är det lämpligt med dörrar mellan varje klassrum, se figur 32 för förslag av placering av dessa.

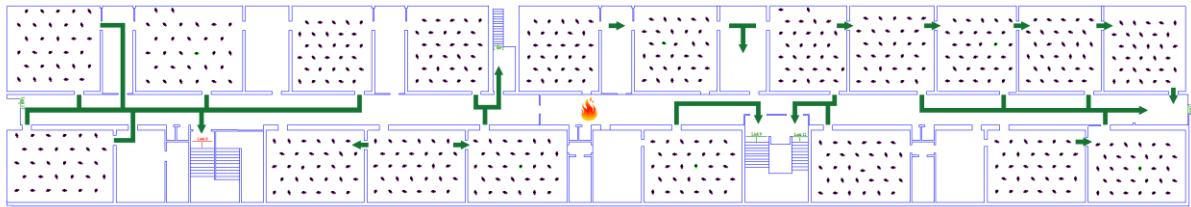
Verifiering av åtgärder

I tabell 10 nedan presenteras de parametrar vars kritiska förhållanden har förändrats då åtgärderna genomförts.

Tabell 10 Förändrade tider till kritiska förhållanden efter genomförda åtgärder i korridoren för scenario C.

Parameter	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets höjd	Uppnås efter 7 minuter och 25 sekunder
Siktbarhet	Utrymmet är över 100 m ² och således gäller 10 meters sikt. Detta infaller efter 4 minuter och 10 sekunder i simuleringen.
Temperatur	Uppnås efter 7 minuter och 40 sekunder i korridoren på våning två.

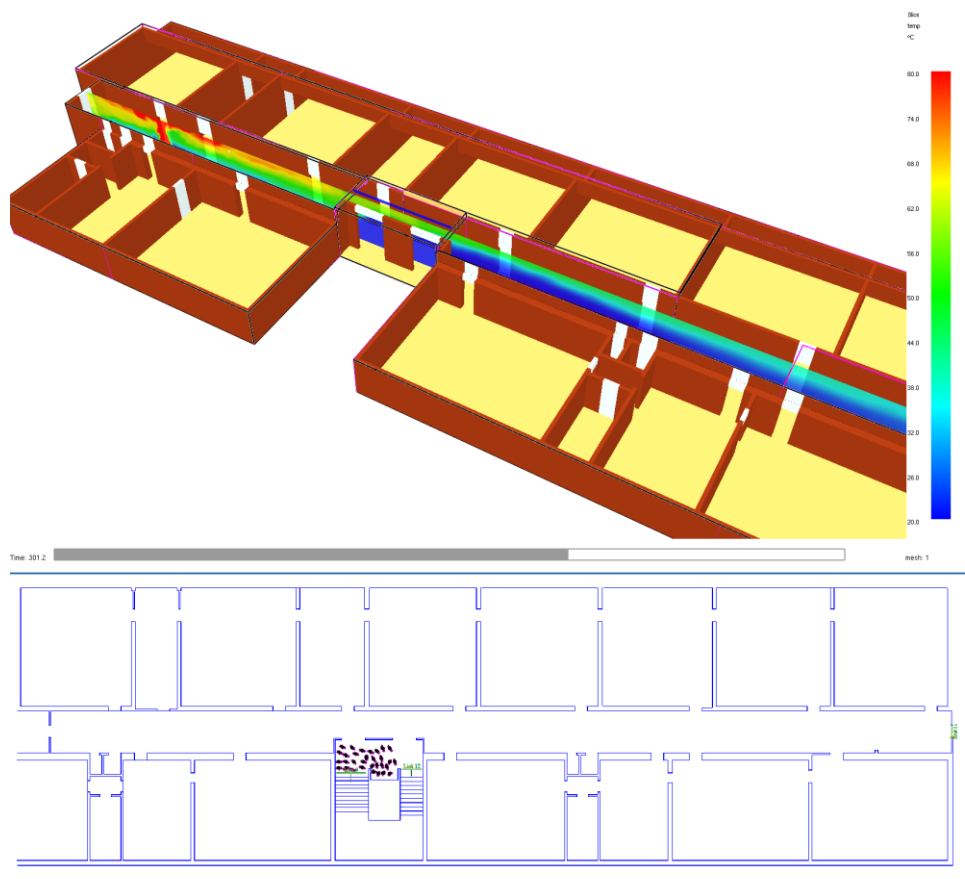
Simulex ger ett resultat som visar en tillfredställande utrymning efter införandet av åtgärder. En liten del av de utrymmande personerna får passera genom områden som inte uppfyller siktbarhetskraven men det blir aldrig någon problematik gällande övriga gränser för kritiska förhållanden. Samtliga personer har utrymt efter 4 minuter och 56 sekunder.



Figur 32 Vägval vid utrymning i scenario C efter åtgärder.

Handberäkningar visar att utrymningstiden kommer att öka även i detta scenario då tillväxthastigheten minskat drastiskt. Genom denna förändring ändrades varseblivningstiden till 120 sekunder istället för 60 sekunder. Utrymningstiden kommer därmed att ökas till 5 minuter och 40 sekunder.

Även efter att åtgärder införts hinner inte samtliga personer utrymma lokalen innan gränsen för kritisk siktbarhet uppnåts vilket beror på att kö uppstår i trapphuset. I kösituationer räcker 5 meters sikt enligt BBRAD och de kritiska nivåerna uppnås inte i del delen av lokalen där personerna står i kö. Figur 33 nedan illustrerar förhållandena i korridoren då de sista personerna utrymmer. Är sikten dock den enda av kriterierna i BBRAD som överskrids anses förhållandena ändå rimliga under utrymning.



Figur 33 Illustration av förhållanden i korridoren då den sista personen har lämnat brandcellen. Den övre delen av bilden visar branden, den undre delen visar utrymningen.

6.3.7 Slutsats

Scenariot bygger på att brand uppstår i möblemang i närheten av en utrymningsväg som därmed blir blockerad. Hög men trolig nivå på utvecklad brandeffekt, 5 MW, hämtas från BBRAD. Dessa faktorer skapar ett allvarligt brandscenario som dimensionerar nivån för utrymningssäkerheten.

Möblemang som placeras i korridoren skall vara brandskyddsbehandlat för att undvika kraftig rökutveckling i lokalen. Korridoren är smal och möblering är olämplig då möbler snabbt skulle utgöra hinder i en utrymningssituation. Inredning får inte placeras närmre än 7 meter från utrymningsväg för att kritiska strålningsförhållanden inte ska riskera att uppnås. Detta kommer även medföra att risken för blockerad utrymningsväg minskar. Detektorer skall vara placerade med max 10 meters mellanrum i korridoren.

Utrymningsmöjligheterna av lokalen anses vara tillfredställande trots att alla personer inte hunnit ut innan kritisk nivå gällande siktbarheten uppstått. Detta på grund av de utrymmande personerna befinner sig i en kösituation i trapphuset.

Efter införandet av restriktioner gällande möblering och placering detektorer anses brandskyddet i byggnadsdel C vara lämpligt utformat. Kraven för tillfredställande utrymningssäkerhet enligt BBRAD uppnås.

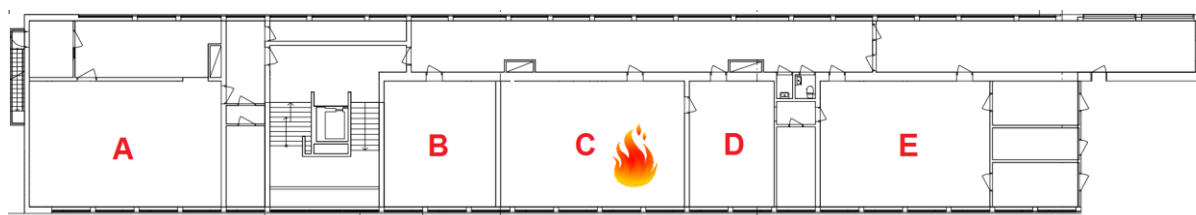
6.4 Analys av Scenario D – Brand i NO-sal

Nedan följer analys av scenariot Brand i NO-sal. För fullständig beräkningsgång, se bilaga D.

6.4.1 Beskrivning

NO-salarna är placerade på våning tre i byggnaden. De är precis som övriga salar inredda med bord och stolar för undervisning. Branden är av samma typ som i ett vanligt klassrum men som nämns i avsnitt 5.4 kan det förvaras brandfarliga ämnen i detta utrymme som skulle kunna förvärra ett brandförlopp. Väggar och tak består av betong.

Branden antas starta i en papperskorg, sprider sig vidare upp till en gardin och når tillslut en skolbänk. Eftersom det i en NO-sal genomförs experiment av varierande slag kan branden förväntas starta på grund av en tändsticka som inte blivit helt släckt och sedan slängd i papperskorgen. Vid detta scenario kommer branden att upptäckas i god tid då det vistas ett flertal personer i rummet. Om branden istället är anlagd kan det antas att inga personer befinner sig i rummet och branden hinner därmed ta sig innan den upptäcks. Figur 34 nedan visar en översiktsskiss av brandscenario D.



Figur 34 Översiktsskiss av brandscenario D.

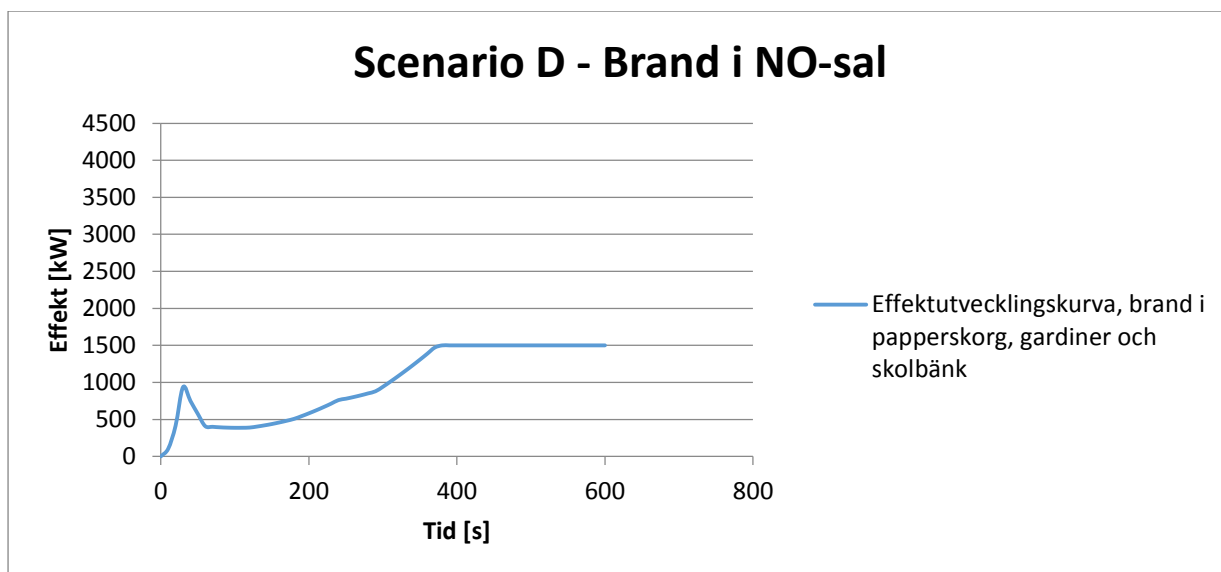
Figur 35 visar nuvarande struktur i korridoren, det är samma uppbyggnad som på våning två förutom att dess längd är kortare och enbart sträcker sig till trapphuset.



Figur 35 Bilden till vänster visar korridoren på plan tre i riktning mot nästa bygnadsdel och den till höger visar korridor i riktning mot trapphuset.

6.4.2 Brandens egenskaper

Eftersom effekten för papperskorgen är försumbar i förhållande till gardinens maxeffekt antas det att båda dessa antänds samtidigt. Effekten för papperskorgen har likställts med effekten för en fylld sopsäck, vilket ger en maxeffekt på 140 kW som nås på 60 sekunder (Karlsson och Quintiere, 2000). Gardinerna brinner snabbt och når maxeffekten 900 kW på 30 sekunder (Särdqvist, 1993). Skolbänken antas antända då gardinerna nått sin maxeffekt, alltså efter 30 sekunder. Skolbänken har likställts med ett 40 centimeter högt pallställage. Maxeffekten för pallställage beror av höjden och detta visas i Figur D.3, se bilaga D. Med hjälp av detta diagram har effekten tagits fram till 1500 kW (Karlsson och Quintiere, 2000). I figur 36 nedan visas effektkurvan för branden i papperskorg, gardiner och skolbänk. Effektkurvan illustrerar inte att branden uppstår i just en NO-sal. Det som gör att NO-sal anses mer kritiskt än klassrum är att det finns möjlighet att branden medför större konsekvenser på grund av förvaring av brandfarliga ämnen i lokalen. Effektkurvan som illustreras i figur 36 nedan anses trots detta vara den värsta troliga branden.



Figur 36 Effektkurvan för branden i papperskorg, gardiner och skolbänk i scenariot brand i NO-sal.

Eftersom skolan är ett renoveringsprojekt är det svårt att veta hur salar kommer att möbleras i framtiden. Därför kommer effekten för den dimensionerande branden antas vara högre än beräknat. För detta scenario kommer effekten antas vara 3 MW för att säkra utrymning vid ett värsta troliga brandförlopp. För utförligare beräkningar hänvisas till avsnitt *dimensionerande brand* i bilaga D.

Precis som i föregående scenarier har beräkningar på övertändning och tillgång på luft genomförts. Övertändning uppstår någonstans mellan 3,1 MW och 4,2 MW och branden blir inte ventilationskontrollerad förrän efter 7 minuter och 40 sekunder. Det innebär att inget av dessa fenomen kommer till att inträffa under utrymningsförloppet. Vid beräkning av både övertändning och tillgång på luft har det antagits att ingen extra luft tillförs utrymmet under förloppet. För utförligare beräkningar hänvisas till avsnitt *ventilationskontroll* och *övertändningsberäkningar* i bilaga D.

Även om effekten för detta scenario är lägre än i de övriga tre kommer avståndet till där kritisk strålning uppstår inte påverkas särskilt mycket. Detta för att det beräkningssätt som medför det mest konservativa resultatet inte beror av effekten, utan av flamhöjden som i alla scenarier når takhöjd. Därför kommer även i detta fall avståndet till kritisk strålning bli 7 meter. Avståndet gäller då branden brinner med maxeffekt. Även strålning från brandgaslagret har beräknats och kritiska strålningsnivåer uppnås inte. För utförligare beräkningar på strålningen hänvisas till bilaga H.

6.4.3 Utrymning

Nedan följer beräkningarna för utrymningsförloppet för scenario D.

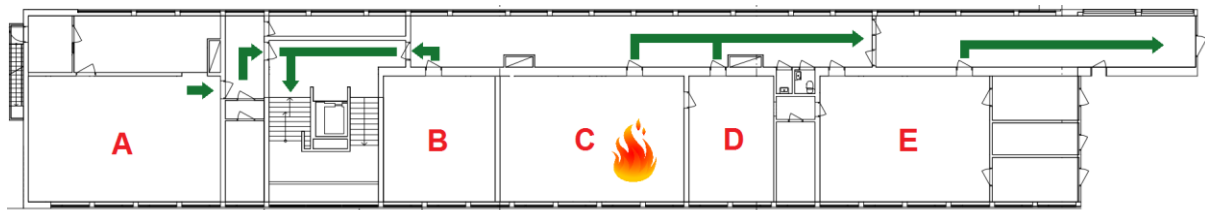
Simulex programmeras med indata som redovisas utförligt *utrymningsberäkningar* i bilaga D. Personerna placeras ut i rummen enligt tabell 11. Full utrymningsbelastning från plan 2 måste även simuleras parallellt då köbildning i trapphus 1 påverkar

utrymningstiden. I övrigt tas inga personer i resterande brandceller i beaktning då dessa personer förutsätts vara i säkerhet då de inte befinner sig i den brandbelastade brandcellen. Varseblivningstiden är framtagen med hjälp av DetactT2 och är satt till 60 sekunder, med undantag för brandrummet där den är satt till 30 sekunder. Förberedelsetid i Simulex sätts i brandrummet till 10 sekunder och i övriga rum till 60 sekunder. Utrymningen tog 3 minuter.

Tabell 11 Fördelning av personer i brandscenario D.

Rum	Antal personer
A	30
B	30
C	30
D	30
Tot vån 3	120
Från vån 2	570
Tot	690

För information om de utrymmandes vägval se figur 37.



Figur 37 vägval vid utrymning på plan 3

Handberäkningar i detta scenario utfördes efter två olika utrymningsberäkningar, en beräkning för de personer som utrymde ner för trapporna och en beräkning för de som utrymde genom dörren in till nästa byggnadsdel. Utrymningen ner för trapporna tog längst tid och det är därmed också det fall som kommer redovisas. Personerna som utrymmer ner för trapporna befinner sig inte i brandrummet och kommer därmed inte se branden. Varseblivningstiden blir alltså lika med detektionstiden som, genom användning av DetactT2, blev 70 sekunder. Förberedelsetiden är precis som i samtliga föregående scenarier 60 sekunder (Boverket 2, 2013) och förflyttningstiden beräknades till 65 sekunder. Den totala utrymningstiden blev 195 sekunder, alltså 3 minuter och 15 sekunder. För utförligare beräkningar hänvisas till avsnitt *utrymningsberäkningar* i bilaga D.

6.4.4 Kritiska förhållanden

Kriterierna för kritiska förhållanden beskrivs i avsnitt 5 och listas i tabell 3. De kritiska förhållandena som uppstår under detta specifika brandförlopp redovisas i tabell 12 nedan. Indata och beräkningar redovisas i bilaga D.

Tabell 12 Tider till kritiska förhållanden nås i korridoren utanför NO-salen för respektive parameter.

Parameter	Kritiska förhållanden
Brandgaslagrets höjd	Uppnås efter 3 minuter.
Siktbarhet	Utrymmet är under 100 m ² och således gäller 5 meters sikt. Detta infaller efter 2 minuter och 10 sekunder i simuleringen.
Temperatur	Uppnås efter 4 minuter och 10 sekunder.
Toxicitet	Kriteriet för kolmonoxidkoncentrationen och koldioxidhalten uppnås inte under de förutsättningar som är satta i simuleringen.
Värmestrålning	Kritisk strålning uppnås då personer utrymmer närmre än 7 meter från branden. Detta inträffar inte under utrymningsförloppet.

Kritiskt förhållande gällande strålning nås på ett avstånd mellan 5,4 och 6,7 meter. För ett konservativt värde ansätts gränsen till 7 meter. Beräkningar redovisas i bilaga H.

6.4.5 Resultat

Enligt resultatet från simuleringen i Simulex tar utrymningen 3 minuter och enligt handberäkningarna tar det 3 minuter och 15 sekunder.

Utrymningssimuleringarna har genomförts med utdata från FDS-simuleringarna. Det är inga utrymmande personer som utsätts för kritiska förhållanden förutom bristfälliga siktförhållanden i vissa delar av klassrummet. Sikt under 5 meter uppnås efter 2 minuter och 10 sekunder. Brandgaslagret når en kritisk nivå efter 3 minuter.

Kriterierna för kritisk nivå när det gäller siktbarhet kan enligt BBRAD överstigas under en utrymningssituation om förhållandena i övrigt är under de kritiska nivåerna. Följaktligen behövs inga åtgärder vidtas för att skapa säkra utrymningsförhållanden.

6.4.6 Slutsats

En grundförutsättning för att skapa tillfredställande utrymningsmöjligheter på våning 3 i byggnadsdel A är införandet av en ny utrymningsväg. Trots att påverkan på fasaden inte är önskvärt anses en yttre utrymningsväg som ett lämpligare alternativ än att uppföra ett invändigt trapphus då det skulle ta upp en mycket stor yta. Införandet av denna utrymningsväg är i analysen ovan redan gjord, och det var med dessa förutsättningar utvärderingen gjordes.

Kraven för tillfredställande utrymnings säkerhet enligt BBRAD uppnås.

6.5 Känslighetsanalys

Känslighetsanalys har genomförts på både utrymning och brandförloppet. Nedan presenteras resultaten av analysen.

6.5.1 Utrymning

I känslighetsanalysen med hjälp av Simulex har fem parametrar kontrollerats, *Antal personer*, *Förflyttningshastighet*, *Förberedelsetid*, *Kroppsstorlek* och *Antal med funktionsnedsättning*. Denna analys görs genom att var och en av dessa parametrar justeras med en på förhand vald faktor, till exempel $\pm 30\%$, för att sedan se hur stor inverkan det har på utrymningsscenarioet. På så sätt kan man jämföra vilken av parametrarna som har störst inverkan på utrymningarna och därmed är viktigast att jobba med för att på ett så effektivt sätt som möjligt förbättra scenarioet.

Utrymningarna i Simulex görs med full personbelastning och scenarierna spelas även in. Inspelningarna görs för att sedan jämföras med FDS simuleringarna och verifiera huruvida en eller flera av de utrymmande exponeras för kritiska förhållanden. I Nedan presenteras ett samlat resultat av känslighetsanalysen. I tabell 14 redovisas tidsskillnaden mellan grundscenario och den förändrade parametern.

Tabell 14 presenteras grundutrymningstiderna och under dem visas hur var och en av justeringarna har påverkat varje scenario i form av en tidsdifferens. Tidsdifferensen kommer från skillnaden i tid från det den sista personen som lämnar den branddrabbade brandcellen i grundscenarioet och att den sista lämnar brandcellen i kontrollscenarioet. Nedan diskuteras parametrarna utifrån dess påverkan på utrymningstiden.

Även känslighet på *varseblivningstiden* har gjorts. Detta genom att förändra parametrar i DetactT2 för att se hur dessa påverkar tiden till detektoraktivering.

I känslighetsanalysen sker utrymningar med följande parametrar och respektive justering beskriven.

- **Antal utrymmande** – Antalet utrymmande individer ökas med 30 %.
- **Förflyttningshastighet** – minskas med 30 %.
- **Förberedelsetid** – Förberedelsetiden inklusive standardavvikelse ökas med 50 %.
- **Kroppsstorlek** – ökas med 20 %.
- **Antal med funktionsnedsättning** – Antalet med funktionsnedsättning ökas med 100 %.
- **Varseblivningstid** – Förändring av brandens tillväxthastighet från slow till medium och ökning av avståndet från brand till detektor från 5 meter till 7,5 meter som resulterar i en förändring av varseblivningstiden.

6.5.2 Varseblivningstid

Känslighetsanalysen för denna parameter har gjorts med hjälp av DetactT2. De parametrar som förändras är avståndet från brand till detektor och brandens tillväxthastighet. Båda dessa parametrar påverkar tiden till detektoraktivering mycket.

Känslighetsanalysen på tillväxthastigheten har endast gjorts för scenario B och C då tillväxthastigheten redan är hög i de båda andra scenarierna. Däremot har avståndet från brand till detektor gjorts för alla scenarier.

Tillväxthastighet

Utöver känslighetsanalys på utrymningen har även tillväxthastigheten förändrats för att se hur denna påverkar brandförloppet. Känslighetsanalysen har gjorts på scenario B och C där en åtgärd var att brandklassa möblerna för att sänka tillväxthastigheten och därmed förlänga tiderna till kritiska förhållanden. I de andra scenarierna är tillväxthastigheten redan konservativt skattad och det anses att ingen känslighetsanalys krävs.

Brandklassade möbler brukar ofta ha tillväxthastigheten *slow*, dock kan det förekomma brandklassade möbler med tillväxthastigheten *medium* och därför anses det relevant att undersöka om en utrymning kan ske säkert även med högre tillväxthastighet (Karlsson & Quintiere, 2000).

Efter ytterligare simulering för brandscenarier B och C erhöles följande tider till kritiska förhållanden enligt tabell 13.

Tabell 13 Känslighetsanalys på tillväxthastigheten för brandscenario B och C [medium/slow].

Parameter	Scenario B [min:s]	Scenario C [min:s]
Brandgaslagrets höjd	3:15/6:00	4:05/7:25
Sikt	2:00/3:10	2:45/4:10
Temperatur	3:15/6:00	4:20/7:40

Resultatet ger en klar blick över tillväxthastighetens påverkan på parametrarna som undersökts. Det kriterium som påverkas minst i tid till kritiskt förhållande är sikt som förlängs med dryga minuten i sämsta fall. De andra parametrarna har en skillnad på cirka tre minuter till kritiska förhållanden.

6.5.3 Resultat

Nedan presenteras ett samlat resultat av känslighetsanalysen. I tabell 14 redovisas tidsskillnaden mellan grundscenario och den förändrade parametern.

Tabell 14 Utrymningstider för känslighetsanalysen angivet med tidsdifferens i förhållande till grundutrymningen i varje scenario [minuter:sekunder].

Parameter	Scenario A	Scenario B	Scenario C	Scenario D	Genomsnitt
Grundutrymning	2:24,2	4:31,0	4:55,6	2:28,5	
Antal personer	17,5	25,0	43	11,4	24,2
Förflyttningshastighet	17,1	53,9	52,3	60,4	45,9
Förberedelsetid	26,7	31,7	18,8	19,6	24,4
Kroppsstorlek	29,4	10,4	36,9	25,2	25,5
Antal med funktionsnedsättning	- 0,5	8,9	- 3,4	- 4,0	0,25
Varseblivningstid					
- Tillväxthastighet	-	- 43,8	- 39,6	-	- 41,7
- Avstånd brand till detektor	13,8	35,4	35,4	22,2	26,7

Ur resultaten som beskrivs i tabell 14 kan det direkt utläsas att alla parametrar utom *Antal med funktionsnedsättning* har en signifikant påverkan på utrymningstiden. Nämnas bör också att alla parametrar är förändrade för att visa på hur stor ökning av utrymningstiden de bidrar med utom *Tillväxthastighet* där en ökning ger snabbare aktivering av rökdetektorerna och därmed kortare utrymningstid.

Alla dessa analyser påverkar resultatet i olika stor utsträckning i de olika utrymningarna, alltså går det inte att peka på någon storhet som påverkar alla utrymningar mer än någon annan. Om man däremot tar den genomsnittliga förändringen i för alla scenarier kan man se att alla parametrar påverkar utrymningen med cirka 25 sekunder utom *Förflyttningshastighet* som påverkar något mer.

7 Sammanställning åtgärder

Nedan följer en sammanställning av åtgärdsförslagen, först beskrivs de åtgärder som anses nödvändiga och därefter de som rekommenderas.

7.1 Nödvändiga åtgärder

Grundläggande brandskydd enligt gällande regler

Grundläggande brandskydd enligt gällande regler ska införas. För beskrivning av alla dessa brandskyddsåtgärder hänvisas till avsnitt 3.5.

Utrymningsväg i nordöst på plan 1, 2 och 3

På alla plan i byggnadsdel A saknas det möjlighet att utrymma i åt nordöst. Det krävs utrymningsväg även åt detta håll för att det ska finnas två av varandra oberoende utrymningsvägar i alla delar av byggnaden.

Utrymningsväg i danssalen på plan 1

För att personerna som befinner sig i danssalen, salen i anslutning till caféet, ska ha möjlighet att utrymma under säkra förhållanden måste utrymningsväg i denna sal uppföras.

Korridorer inreds med dörrstängare samt enbart möbler som väljs med hänsyn till brand

Bränder med hög effekt och hög tillväxthastighet orsakar snabbt kritiska förhållanden och svårigheter att utrymma. Därför ska all inredning i korridoren bestå av lämpligt material som massivt trä och flamskyddade tyger, vilket medför att brandens tillväxthastighet minskar. Dörrstängare mellan korridor och kontor bör finnas för att hindra brandspridning.

Lämplig brandcellsindelning

För att utrymning ska vara möjlig att genomföra under tillfredställande förhållanden måste lämplig brandcellsindelning göras. För föreslagen brandcellsindelning hänvisas till avsnitt 3.4.

Detektorplacering med ett avstånd på max 10 meter i korridorer

Då åtgärden med brandklassade möbler införs ökar varseblivningstiden eftersom den påverkas av tillväxthastigheten. För att kompensera för denna ökning får detektorer inte placeras med längre avstånd ifrån varandra än 10 meter i korridorer.

Ta bort träpanel i taket i caféutrymmet på plan 1

Träpanelen i taket ska tas bort då detta förhindrar snabb brandspridning och därmed också minskar tiderna till kritiska förhållanden.

Dörrar mellan klassrummen på plan 2

Personerna i klassrummen har i de flesta fall bara en dörr att välja på då de ska utrymma lokalen vilket är den som leder ut i korridoren. För att minska risken för att dessa personer tvingas utrymma för nära branden är det lämpligt med dörrar mellan varje klassrum.

7.2 Rekommenderade åtgärder

Ingen inredning närmre än 7 meter från en utrymningsväg

Vid beräkning av strålning då maxeffekt uppnåtts var avståndet till kritiska förhållanden 7 meter. Eftersom en åtgärd med brandklassade möbler gjorts kommer maxeffekt aldrig till att uppstå under utrymningsförloppet och därmed kommer avståndet till kritiska förhållanden och bli kortare. Därför är detta endast en rekommenderad åtgärd.

Större möblemang är olämpligt i korridorer

Det är olämpligt att inreda korridoren med större möbler, såsom soffor. Detta på grund av att redan förhållandevis smala utrymmen blir smalare och därmed svårare att utrymma.

8 Diskussion

Nedan följer diskussion om hur antaganden och förenklingar som gjorts under analysens gång kommit att påverka resultaten.

8.1 Strålningsberäkningar

Beräkning av strålning har skett på två olika sätt. Det ena baseras på flammans storlek, platta till punkt, och det andra baseras på effekten. Vid beräkning av strålningen genom platta till punkt har många antaganden gjorts. Dessa antaganden kan leda till ett missvisande resultat. Emissivitet och brandens diameter har antagits.

Flamtemperaturen är antagen och den har stor inverkan på resultatet eftersom den i ekvationen är upphöjd till fyra. Flamhöjden blir i alla fyra scenarier så hög att den når takhöjd, vilket leder till att även avståndet där kritiska strålningsförhållanden uppnås blir likt. Detta känns orimligt då det i scenario A, B och C är 2 MW högre effekt än i scenario D. Dessutom är flamhöjdsekvationen ursprungligen framtagen för pölbränder. Detta medför att resultatets överensstämmande med verkligheten kan ifrågasättas. Alla dessa antaganden visar att detta beräkningssätt är en grov förenkling av verkligheten. Genom att beräkna strålningen på det andra effektbaserade sättet görs endast ett antagande och det är hur stor andel av den totala effekten som ges ut som strålning. Detta betyder att det sistnämnda beräkningssättet är betydligt mer pålitligt än det första. Dock används båda för att avståndet till kritiska förhållanden ska skattas konservativt.

8.2 Detektoraktivering

För att räkna ut tiden till detektoraktivering har både programmet DetactT2 använts samt rökdetektorer placerats ut vid simuleringarna i FDS. Det tar längre tid för detektorn att aktivera enligt DetactT2 än enligt FDS givet samma förutsättningar, vilket innebär att det ges en konservativ skattning av varseblivningstiden då DetactT2 används i de slutgiltiga beräkningarna. De parametrar som påverkar tiden till detektoraktivering mest är *avstånd från brand till detektor* och *brandens tillväxthastighet*. Då brandens tillväxthastighet har ansatts har det utgått ifrån verkliga experiment vilket betyder att det är en tillförlitlig parameter i förhållande till parametern detektorns placering. I känslighetsanalysen visas det att det räcker att flytta branden ett par meter för att aktiveringstiden ska förändras med ungefär 30 sekunder. Eftersom detektorplaceringen inte är bestämd så skulle branden lika gärna kunna vara placerad 1 som 5 meter från branden, vilket ger ett stort utslag på den totala utrymningstiden.

8.3 Generellt om antaganden

I majoriteten av de antaganden som gjort i denna rapport har värdena skattats konservativt för att skapa en hög nivå på brandskyddet. Då många antaganden görs finns risken att resultaten blir för konservativa och åtgärder som egentligen inte behövs rekommenderas ändå. Ett exempel på detta är personantalet i utrymningssimuleringarna. Det har i alla scenarier antagits väldigt hög personbelastning och enligt känslighetsanalysen påverkar detta utrymningstiden mycket, framför allt på våningsplan 2 och 3 där köbildning uppstår i trapphusen. På

plan 2 har det exempelvis antagits att det vistas 590 personer och att det samtidigt vistas 120 personer på plan 3. Sannolikheten att det vistas så många personer på dessa våningsplan, samtidigt som en stor brand utbryter, är oerhört låg. Det innebär att utrymningstiden är konservativt skattad. Om tiderna till kritiska förhållanden också skattas för konservativt innebär det att kriterierna för utrymning är svåra att uppfylla. Det är av den anledningen det på vissa ställen har valts att inte strikt följa de kriterier som gäller enligt BBRAD. Bland annat så har förberedelsetiden i brandrummet ansatts till 10 sekunder och inte 60, då det anses lämpligt i själva rummet det brinner. Ett annat kriterium som valts att förändras är det som gäller siktbarheten. Den kontrolleras på en höjd av 1,8 meter och inte 2 meter. Detta för att det anses lämpligt att sikten ska vara bra i ögonhöjd, i en gymnasiepopulation har oerhört få individer en ögonhöjd på 2 meter. Det är alltid sikten som blir kritisk först, dock krävs det att ytterligare ett kriterium uppfylls för att det ska anses vara kritiska förhållanden i utrymnet.

8.4 Brister i förberedelsetiderna

Nämnas bör att det finns osäkerheter i förberedelse-, respektive varseblivningstiden. Utrymningssimuleringarna i Simulex gjordes till en början utan hänsyn till att detta är två helt olika tider. I de simuleringar där branden är placerad i ett rum där det befinner sig folk (scenario A respektive D) valdes utan undantag en enhetlig tidsfördröjning på 10 sekunder i brandrummet och 60 sekunder i övriga rum. När det senare räknades på tiderna visade det sig att det i dessa simuleringar var stor skillnad på varseblivningstiden mellan de som befinner sig i brandrummet och de som befinner sig i övriga rum. Egentligen så sattes det i brandrummet en enhetlig varseblivningstid på 30 sekunder, medan den i övriga rum räknas fram med DetactT2. Med kunskapen om dessa nya varseblivningstider som varierar mellan brandrummet och övriga rum borde fördröjningstiderna i Simulex korrigerats. Avsaknaden av dessa korrigeringar som borde ha gjorts har resulterat i att de scenarier där det finns personer i brandrummet alltid blir en skillnad på 50 sekunder mellan utrymmande i brandrummet och övriga rum, oberoende hur stor denna tidsskillnad egentligen är. Denna skillnad måste ses som den kombinerade skillnaden då differens i varseblivningstid och förberedelsetid adderas. Rimligtvis borde denna skillnad vara större vid de scenarier då varseblivningstiden är större, till exempel de bränder med lägre α -värde (scenario B och C efter åtgärd) eller de scenarier med långa avstånd mellan detektorerna. Det kan även argumenteras för att den inte behöver vara ett så stort fel. Det skulle exempelvis kunna vara så att utrymmande vid en långsamt tillväxande brand har betydligt lägre stressnivåer och därmed hinner varna fler av de övriga personerna i byggnaden på vägen ut.

8.5 Subjektiva bedömningar

De kritiska förhållandena har främst tagits fram med hjälp av att jämföra utrymningarna med FDS-simuleringarna. Vid dessa jämförelser är det inte alltid helt enkelt att avgöra var och när de kritiska förhållandena infinner sig. Vid strålningsberäkningar har ett tryggt avstånd från branden satts som kriterium, vilket får ses som en god skattning trots att det finns osäkerheter i dessa i form av osäker

strålning från andra källor än flammor, till exempel från brandgaslagret. Då det gäller koldioxid- och kolmonoxidhalt har det varit uppenbart då dessa nivåer i alla scenarier har hållit sig inom gränserna med goda marginaler, men gällande brandgaslagrets höjd och temperatur är det betydligt svårare att göra en sådan bedömning. Vid bedömning av temperatur för att uppskatta brandgaslagrets höjd har främst slicefiler använts som underlag, där temperaturen har studerats. Här kan det vara väldigt svårt att göra en direkt bedömning då temperaturen fluktuerar mycket och det i många fall kan vara svårt att bedöma både när, var i rummet och på vilken höjd detta infinner sig.

Temperaturen visas dessutom med en färgskala som även denna måste bedömas med förluster i noggrannhet som resultat. De slicefiler som har legat i det horisontella planet har dessutom varit placerade på 1,8 meter vilket är den höjd som brandgaslagret skall beräknas på, men temperaturen skall mätas på två meters höjd och måste då jämföras med de lodrätt placerade slicefilerna. På dessa lodräta filer måste höjden uppskattas med hjälp av höjden på den vågräta filen (som då visar 1,8 på meters höjd) och med hjälp av takhöjden. På samma sätt blir det en relativt subjektiv bedömning då dessa kritiska förhållanden sedan jämförs med Simulex-utrymningarna. Ofta blir siktförhållandena dåliga i vissa delar och måste då jämföras med de övriga kriterierna som i sig kanske också är svåra att bedöma. Resultat blir att alla dessa bedömningar måste ses som subjektiva och reproducerbarheten i dem kan också anses vara komplicerade. Ett alternativ till detta bedömningssätt är att placera ut fler devices i simuleringen. Med devices fås detaljerad utdata med exakta tider och temperaturer, och med hjälp av detta kan det kontrolleras på en mer exakt höjd var temperaturen hastigt sjunker vilket är jämförbart med brandgaslagrets höjd. Även tiden till kritisk temperatur kan kontrolleras mer noggrant. Fördelen med slicefiles är att de ger en översiktlig bild över hur förhållandena i hela utrymmet är, medan devices bara ger information om de exakta punkterna där de är placerade. Det krävs väldigt många devices för att få samma översiktliga bild över utrymmet som slicefiles ger, därför var det slicefiles som användes vid simuleringarna. Dock hade några ytterligare devices kunnat användas för att göra det möjligt att jämföra slicefiles med mer exakt data.

8.6 Handberäknade utrymningar

Tiderna vid handberäkningsdelen av utrymningarna är i somliga fall något högre än simuleringstiderna. En anledning till detta kan vara att vid handberäkningar tittar man först på de transporttider som de utrymmande måste avverka och adderar sedan tiderna det tar för dem att passera genom dörrar och ner för eventuella trappor. Flera av dessa förlopp äger oftast rum parallellt i verkligheten. En grupp kan till exempel stå och köa vid en dörr medan några som redan passerat genom denna dörr står och köar vid nästa trappa samtidigt som ett antal går där emellan. Generellt genom hela rapporten är de handberäknade tiderna mellan 15 sekunder och 35 sekunder högre än simuleringstiderna. Då det i handberäkningarna antas att alla personer står på exakt samma ställe och kommer fram till dörren exakt samtidigt kommer förflyttningstiden bli konservativt skattad. Den första termen i ekvation A.8 beskriver endast den tid det tar för personerna att förflytta sig från den punkt, som är så långt ifrån närmsta

utrymningsväg som möjligt, till utrymningsvägen och om denna term plockas bort kommer simuleringstiderna att stämma väl överens med handberäkningstiderna. I scenario A däremot skiljer sig handberäkningstiden och simuleringstiden mycket. Detta är för att vid handberäkningar har det antagits att personerna som befinner sig i caféet/samlingslokalen inte är välorienterade i skolan och därmed inte känner till utrymningsvägarna. Enligt BBRAD ger detta ett minskat personflöde genom dörrarna från 1,1 p/sm till 0,75 p/sm och denna förändring påverkar förflyttningstiden mycket. Om det istället hade antagits att personerna har god lokalkännedom så hade tiderna varit i samma storleksordning i förhållande till varandra som i de övriga scenarierna. Handberäkningarna har gjorts för att verifiera resultaten i Simulex och det visar sig att handberäkningarna och simuleringarna stämmer väl överens med varandra.

8.7 Säkerhetsmarginal i riskanalysen

Då känslighetsanalysen genomfördes spelades även alla dessa utrymningar in med Simulex. Dessa utrymningar jämfördes med FDS-simuleringarna för att avgöra huruvida några utrymmande i dessa scenarier skulle bli utsatta för kritiska förhållanden. Även i dessa fall ansågs då de utrymmande klara sig, vilket visar på goda marginaler i säkerheten på de åtgärder som utförts.

9 Slutsats

Efter införandet av de i avsnitt 7 föreslagna åtgärderna anses Heleneholmsskolan uppfylla kraven för lämpligt brandskydd med avseende på personsäkerhet. Många av dessa åtgärder kan genomföras med relativt enkla medel, så som uppförande av ny utrymningsväg, medan andra kräver större insatser, såsom införandet av ny brandcellsindelning.

Alla beräkningar som gjorts för att nå fram till dessa resultat är gjorda med konservativa antaganden, vilket resulterar i en projektering resiliert mot tänkbara "värsta troliga brandscenarier".

Referenser

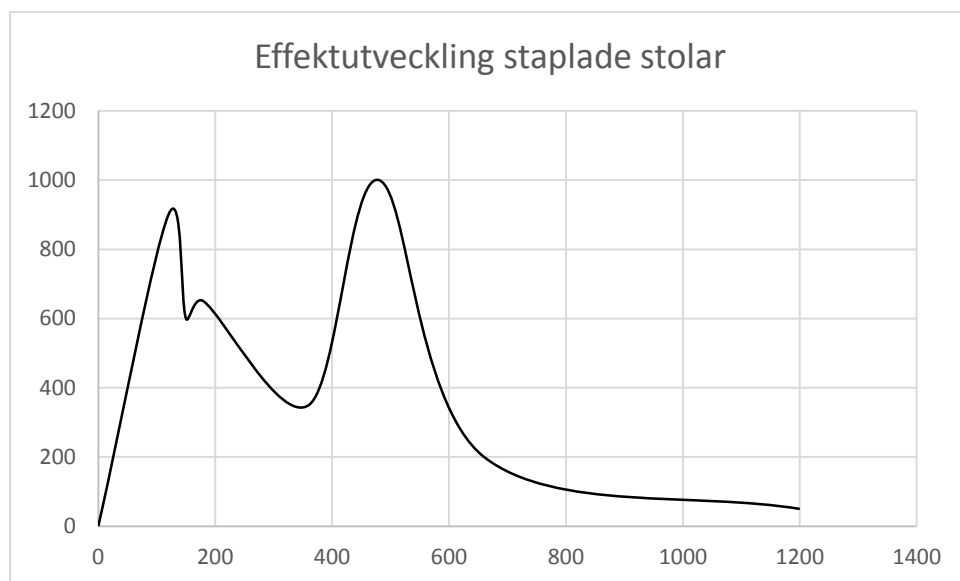
- Boverket 1. (2011). *BBR 22 – Boverkets byggregler (föreskrifter och allmänna råd)*.
- Boverket 2. (2013). *BBRAD 3 - Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd*.
- Bengtsson, L G. (2001). *Enclosure Fires*. Räddningsverket, Huskvarna
- Drysdale, D. (2011). *An Introduction to Fire Dynamics*. John Wiley & Sons, Ltd.
- Frantzich, H. (2001). *Tid för utrymning vid brand*. Karlstad: Räddningsverket.
- Frantzich, H. (2011). *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar*. Lund: Brandteknik, Lunds Universitet.
- Integrated Environmental Solutions Limited, IES. *Simulex User Guide*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<http://www.comp.nus.edu.sg/~xuyan/simulex%2ouser%2oguides.pdf/>> (2015-04-09)
- Karlsson, B. Quintiere, J G. (2000). *Enclosure Fire Dynamics*. CRC Press LLC.
- Myndigheten För Samhällskydd och Beredskap, MSB. *Anlagd brand i skolor*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandskydd/Anlagd-brand/Anlagd-brand-skola/>> (2015-04-01)
- Myndigheten För Samhällskydd och Beredskap. *Anlagd brand i skolor*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandskydd/Anlagd-brand/Anlagd-brand-skola/>> (2015-04-01)
- National Institute of Standards and Technologies. *FDS Technical Reference Guide*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<https://drive.google.com/folderview?id=oB-EZ4HlrI6VDUWtRNiNoMmM5c1U#list>> (2015-04-15).
- Nystedt, F. (2000). *Risikanalysmetoder*. Lund: Brandteknik, Lunds universitet.
- SFPE. (2002). *Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd edition*. Quincy, Massachusetts: National Fire Protection Association.
- Staffansson, L. (2010). *Selecting Design Fires*. Lund: Brandteknik, Lunds universitet.
- Svenska Brandförsvarsföreningen. (2001). *Regler för automatisk brandlarmanläggning SBR 110:6*. Brandförsvarsföreningens Service AB.
- Sveriges Arkitekter. *Tidigare Kasper Salin-pristagare*. (Elektronisk). Tillgänglig: <<https://www.arkitekt.se/tidigare-kasper-salin-pristagare/>> (2015-03-12)
- Särdqvist, S. (1993). *Initial Fires*. Lund: Brandteknik, Lunds universitet.

Bilaga A. Brandscenario A – Brand i Café/Samlingslokal

I denna bilaga redovisas samtliga beräkningar för scenariot brand i café/samlingslokal.

A.1. Dimensionerande brand

Med hjälp av ett experiment där 8 stolar står staplade i ett hörn, motsvaras av kurvan i Figur A.1 nedan, har maxeffekten och tiden till maxeffekt lästs av. I figuren visas också att effekten toppar två gånger, dock har det antagits att branden brinner med maxeffekt under hela förloppet efter första toppen.



Figur A.1 Effektkurvor från staplade stolar baserat på data ur *Initial Fires* (Särdqvist 1993).

Tillväxthastigheten för initialbranden har tagits fram med hjälp av ekvation A.1 (Karlsson och Quintiere, 2000) och värden från Figur A.1 ovan.

$$\dot{Q} = \alpha * t^2 \quad \text{Ekvation A.1}$$

$$t = 120 \text{ s}$$

$$\dot{Q} = 900 \text{ kW}$$

$$\alpha = \frac{900}{120^2} = 0,0625 \text{ kW/s}^2$$

Eftersom tillväxthastigheten är beräknad på första toppen kan detta vara en potentiell överskattning då effekten därefter avtar, se figur A.1.

Det nämndes ovan att experimentet ovan är gjort på åtta stolar som är staplade i ett hörn. I detta scenario har det dock antagits att det är fem staplar med åtta stolar i varje som brinner, alltså 40 stolar. Därför kommer också effektutvecklingen att bli fem gånger högre.

$$900 * 5 = 4500 \text{ kW}$$

Med ovan beräknad tillväxthastighet och effekt har sedan tiden till maxeffekt beräknats genom ekvation A.1.

$$t = \sqrt{\frac{4500}{0,0625}} = 268 \text{ sekunder}$$

Med dessa ovan beräknade värdena har sedan effektkurvan tagits fram. Eftersom 4500 kW är väldigt nära 5000 kW som BBRAD rekommenderar kommer det dimensioneras efter detta värde (Boverket 2, 2013).

A.1.1. Ventilationskontroll

Vid dessa beräkningar antas det att under startskedet av brandförloppet inte släpps in någon luft. Därför beräknas det hur länge branden är bränstolekontrollerad med ekvation A.2, A.3 och A.4 (Staffansson, 2010).

$$Q = E = 13100 * V_{rum} * (0,23 - 0,10) * \rho_{luft} \quad \text{Ekvation A.2}$$

Med insatta värden fås

$$Q = 13100 * 873 * (0,23 - 0,10) * 1,2 = 1783 \text{ MJ}$$

$$V_{rum} = 873 \text{ m}^3$$

$$\rho_{luft} \approx 1,2 \text{ kg/m}^3$$

Detta är så mycket energi som kan frigöras i utrymmet utan att ytterligare luft tillsätts. Nästa steg är att ta reda på hur länge branden är ventilationskontrollerad med dessa förutsättningar.

Eftersom branden inte brinner med maxeffekt direkt måste tillväxtskedet av branden också tas hänsyn till. Det görs genom att integrera ekvation A.1, alltså beräkna arean under kurvan, som också är energin. Integrering av ekvation A.1 ger ekvation A.3

$$E = \int_0^t \alpha t^2 dt = \frac{\alpha * t^3}{3} \quad \text{Ekvation A.3}$$

Tiden till maxeffekten, 5 MW, beräknas genom ekvation A.1.

$$t = \sqrt{\frac{5000}{0,0625}} = 283 \text{ sekunder}$$

Energien som frigörs i initialskedet av branden är alltså

$$E = \frac{0,0625 * 283^3}{3} = 471 \text{ MJ}$$

$$\alpha = 0,0625 \text{ kW/s}^2$$

Den energi som frigörs efter branden nått sin maxeffekt blir då

$$1783 - 471 = 1312 \text{ MJ}$$

Med hjälp av följande ekvation beräknas den resterande tiden tills luften i utrymmet tar slut

$$Q = E = \int_0^t \dot{Q}(t) dt \quad \text{Ekvation A.4}$$

Då ekvation A.4 ovan integreras och ommöbleras fås

$$t = \frac{Q}{\dot{Q}}$$

$$t = \frac{1312 * 10^3}{5000} = 262 \text{ sekunder}$$

$$\dot{Q} = 5000 \text{ kW}$$

Om tiderna för tillväxtfasen och maxeffektfasen adderas blir tiden till maxeffekt följande

$$283 + 262 = 545 \text{ sekunder} \approx 9 \text{ minuter}$$

Detta betyder att tiden tills branden blir bränslekontrollerad är 9 minuter och detta kommer inte att uppstå under utrymningsförloppet.

A.2. Övertändningsberäkningar

För att beräkna om den dimensionerade branden orsakar övertändning har ekvation A.5 och A.6 använts.

$$\dot{Q}_{fo} = 610 * (h_k * A_T * A_0 * \sqrt{H_0})^{1/2} \quad \text{Ekvation A.5}$$

$$\dot{Q}_{fo} = 7,8 * A_T + 378 * A_0 * \sqrt{H_0} \quad \text{Ekvation A.6}$$

Effekten till flashover i ekvation A.5 beror av värmeledningstalet som i sin tur beror av tiden. Tiden till effekten då flashover uppstår och tiden som används för att räkna ut värmeledningstalet ska vara lika. Därför sker beräkning av ekvation A.5 genom en iterativ process.

För att räkna ut värmeledningstalet i ekvation A.5 ovan används följande ekvation.

$$h_k = \sqrt{\frac{k\rho c}{t}} \quad \text{Ekvation A.7}$$

Båda ekvationerna beräknar samma sak men båda har ändå använts för möjlighet att kunna jämföra resultaten.

$$h_k = \sqrt{\frac{1,465 * 10^6}{400}} = 61 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$k\rho c = 1,645 * 10^6 \text{ W}^2\text{s/m}^4\text{K}^2 \text{ (medelvärde av tegel och betong)}$$

$$t = 400 \text{ s}$$

Eftersom lokalen består av både betong och tegel har ett medelvärde av deras $k\rho c$ -värde ovan tagits. $k\rho c$ -värdena är tagna ur Table 6.1 ur *Enclosure Fire Dynamics* och tiden har itererats fram (Karlsson och Quintiere, 2000). Genom användning av ekvation A.5 och A.6 ovan fås följande resultat.

$$\dot{Q}_{fo} = 610 * (0,061 * 900 * 3,6 * \sqrt{2})^{\frac{1}{2}} \approx 10,2 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_{fo} = 7,8 * 900 + 378 * 3,6 * \sqrt{2} \approx 8,9 \text{ MW}$$

$$A_T = 900 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$H_0 = 2 \text{ m}$$

Eftersom branden är placerad i en lokal med dörrar och fönster som oftast är stängda, antas en siffra för arean på ventilationsöppningarna. Arean har antagits vara 3,6 kvadratmeter, 2 dörrar, och höjden på öppningarna är 2 meter. Eftersom detta endast är antagna värden kan effekten för övertändning anses vara grovt skattad.

Beräkningarna visar att det krävs en brand som utvecklar effekten 8,9 MW-10,2 MW för att övertändning ska uppstå. Det innebär att det inte finns risk för övertändning i utrymmet.

A.3. Utrymningsberäkningar

Handberäkningar

Alla beskrivningar av byggnaden nedan är baserade på Figur 15.

Alla personer antas vid beräkning befinna sig i samma rum på samma position.

I detta avsnitt följer alla handberäknade utrymningsförlopp, även de förlopp som baseras på den nya utrymningsvägen i rum A.

Utrymningsberäkningar har genomförts både genom simuleringar och beräkningar för hand. Detta för att göra det möjligt att jämföra och därmed få en så korrekt utrymningstid som möjligt. Antal personer i samtliga utrymningsberäkningar är baserade på hur många personer som utrymde ur respektive utgång i Simulex.

Handberäkningar har genomförts med utgångspunkt i ekvation 2. Det har genomförts fyra olika beräkningar för att se i vilken del av byggnaden det tar längst tid att utrymma. De fyra olika fallen som beräknats är

- Utrymning från rum A och B, ut genom dörr längst upp
- Utrymning från rum B, ut genom dörr uppe till vänster
- Utrymning från rum A, ut genom ny utrymningsväg i samma rum
- Utrymning från rum B, ut genom dörr längst upp

De två första beräkningarna är gjorda på hur det ser ut på objektet idag och de två sistnämnda är gjorda då en ny utrymningsväg är uppförd i rum A.

De två beräkningarna som kommer redovisas nedan är den förstnämnda och den som nämns som nummer tre. Detta för att det är dessa fall som tar längst tid att utrymma.

Fall 1 - Utrymning från rum A och B, ut genom dörr längst upp

Dessa beräkningar är baserade på hur det ser ut på objektet idag. Eftersom personerna i rum B ser branden har varseblivningstiden bestämts till 30 sekunder (Boverket 2, 2013). I brandrummet har förberedelsetiden satts till 10 sekunder eftersom dessa personer anses agera betydligt fortare än personer som inte ser branden. Personerna som befinner sig i rum A ser inte branden och förberedelsetiden för dessa personer sätts då till 60 sekunder (Boverket 2, 2013). Den förberedelsetid som kommer att användas vid beräkningarna är för de personer som befinner sig i brandrummet, alltså rum B. Detta för att det kan antas att det redan är köbildning när personerna från rum A når utrymningsvägen och därför spelar deras varse- och förberedelsetid ingen roll. Förflyttningstiden har beräknats med hjälp av ekvation A.8 nedan (Boverket 2, 2013)

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{l}{v} + \frac{n}{b \cdot f} \quad \text{Ekvation A.8}$$

Första termen är den tid det tar att gå fram till utrymningsvägen och den andra termen är den tid det tar för alla utrymmande att komma ut. Personerna i rum A ser inte branden och därför kommer deras varseblivningstid vara samma tid som det tar för rökdetektorn att aktivera. Dock kan det antas att det redan blivit köbildning vid utrymningsvägen då dessa personer börjar utrymma och därför kan den första termen i ekvation A.8 för personerna i rum A försummas. Dock ska de räknas med i term två.

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{24}{1,225} + \frac{80 + 96}{0,9 \cdot 0,75} = 280 \text{ sekunder}$$

$$l = 24 \text{ m}$$

$$v = 1,225 \text{ m/s (denna genomsnittshastighet har använts vid simuleringarna i Simulex)}$$

$$n = 80 \text{ personer (i rum A)} + 96 \text{ personer (i rum B)}$$

$$b = 0,9 \text{ m}$$

$$f = 0,75 \text{ p/sm (för personer som inte förväntas känna till utrymningsvägarna)}$$

När de tre termerna varseblivningstid, förberedelsetid och förflyttningstid adderas fås den totala utrymningstiden, se ekvation 2

$$t_{\text{utrymning}} = 30 + 10 + 280 = 320 \text{ sekunder} = 5 \text{ minuter och } 20 \text{ sekunder}$$

Det tar alltså 5 minuter och 20 sekunder att utrymma byggnaden vid nuvarande förhållanden.

Fall 2 - Utrymning från rum A, ut genom ny utrymningsväg i samma rum

Detta utrymningsförlopp är baserat på förhållandena efter uppförandet av den nya utrymningsvägen i rum A.

Varseblivningstiden för personerna som befinner sig i rum A är den tid det tar för detektorn att aktivera. Detta har beräknats med hjälp av DetactT2 och indatavärdena presenteras i Tabell A.1 nedan.

Tabell A.1 Indataparametar i DetactT2 för scenario A.

Parameter	Indata
Omgivningstemperatur [°C]	20
RTI-värde [(ms) ^{1/2}]	0,5
Aktiveringstemperatur [°C]	24
Rumshöjd [m]	3,2
Avstånd till brand [m]	7,5
Tillväxthastighet [W/s ²]	62,5
Aktiveringstid [s]	61,7

Detektorn aktiverar alltså efter ungefär en minut.

Eftersom personerna inte befinner sig i brandrummet kommer förberedelsetiden sättas till 60 sekunder (Boverket 2, 2013), vilket även nämns i fall 1 ovan.

Förflyttningstiden har beräknats med hjälp av ekvation A.8. Den första termen i ekvation A.8 har försumrats i detta fall då det kommer bildas kö vid utrymningsvägen och det är detta som kommer spela roll för den totala tiden.

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{80}{0,9 * 0,75} = 118 \text{ sekunder} \approx 2 \text{ minuter}$$

$n = 80$ personer

Förflyttningstiden blir ungefär 2 minuter och den totala utrymningstiden blir därmed enligt ekvation 2

$$t_{\text{utrymning}} = 60 + 60 + 120 = 240 \text{ sekunder} = 4 \text{ minuter}$$

Den totala utrymningstiden i detta fall blir alltså 4 minuter. Det betyder att uppförandet av ny utrymningsväg i rum A gör att utrymningstiden minskar med 1 minut och 20 sekunder.

Sammanställning av beräkningarna

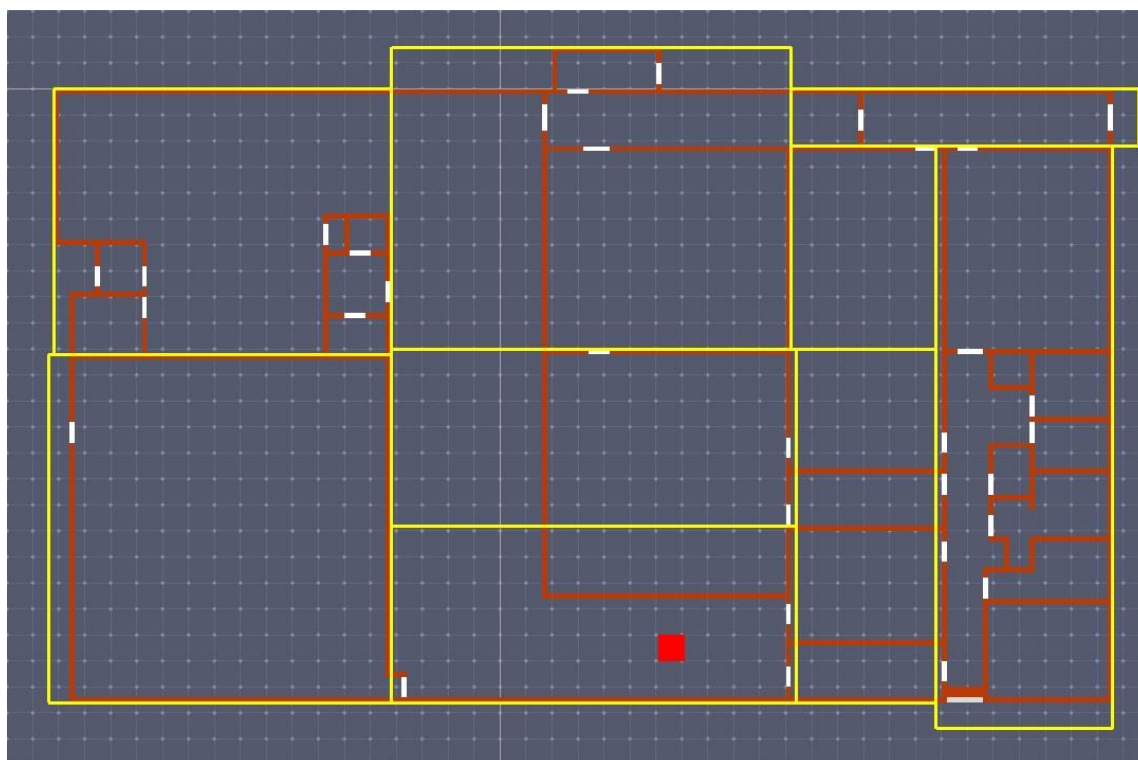
För att få en översiktlig bild av handberäkningarna redovisas resultaten av dessa i tabell A.2 nedan.

Tabell A.2 Redovisar tider [s] för utrymningen enligt handberäkningar i scenario A.

	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid	Utrymningstid
Fall 1	30	10	280	320
Fall 2	60	60	120	240

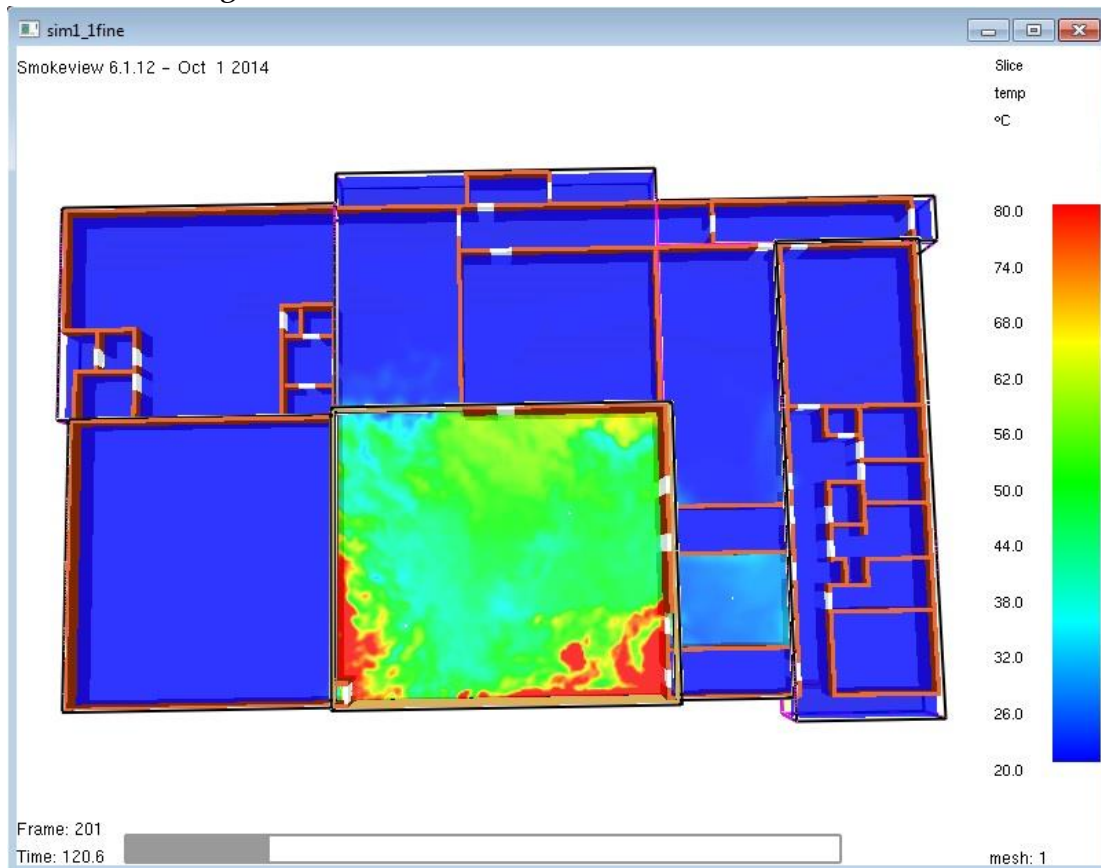
A.4. FDS-Simulering

Geometrin för brandscenario A har begränsats till den brandcell där branden antas starta enligt figur 10. För att korta ner tiden för simulering har geometrin därefter delats in i nio olika mesher. Uppdelningen av dessa mesher kan visas i A.2 och utgörs av de gula linjerna. Dörrar till rum A och D, se figur 15, förväntas öppnas efter en fördröjning på 70 respektive 40 sekunder och de dörrar som leder till det fria öppnas efter 40 sekunder. Dessa antaganden grundas med hänsyn till den utrymningstid som simulerats i Simulex. Rummet där brandkällan befinner sig består av en lägre del med 2,4 meter i takhöjd och en högre del som har ett lutande innertak. Det lutande taket har förenklats och approximerats att ligga på fyra meters höjd. I övrigt gäller de antaganden som beskrivits i bilaga E.



Figur A.2 Översiktsbild på fördelningen av mesher i Pyrosim.

Kritisk tid till brandgaslagrets höjd har tagits fram med hjälp av den slicefile för temperatur som ligger på 1,8 meters höjd. Eftersom brandgaslagrets höjd är svår att uppskatta utan tvåzonsmodell har temperaturen på brandgaserna använts som kriterium istället för höjden, vilket anses som en rimlig förenkling. Denna parameter anses bli kritisk i simuleringen då temperaturen överstiger 80°C där köbildning kan tänkas uppstå, exempelvis utrymningsvägar till det fria, korridorer och trapphus. I Figur A.4 nedan ses tiden till kritiskt förhållande för brandgaslagret, detta uppnås efter 2 minuter vid dörren till angränsande rum vilket begränsar utrymningen för de som befinner sig i det rummet.



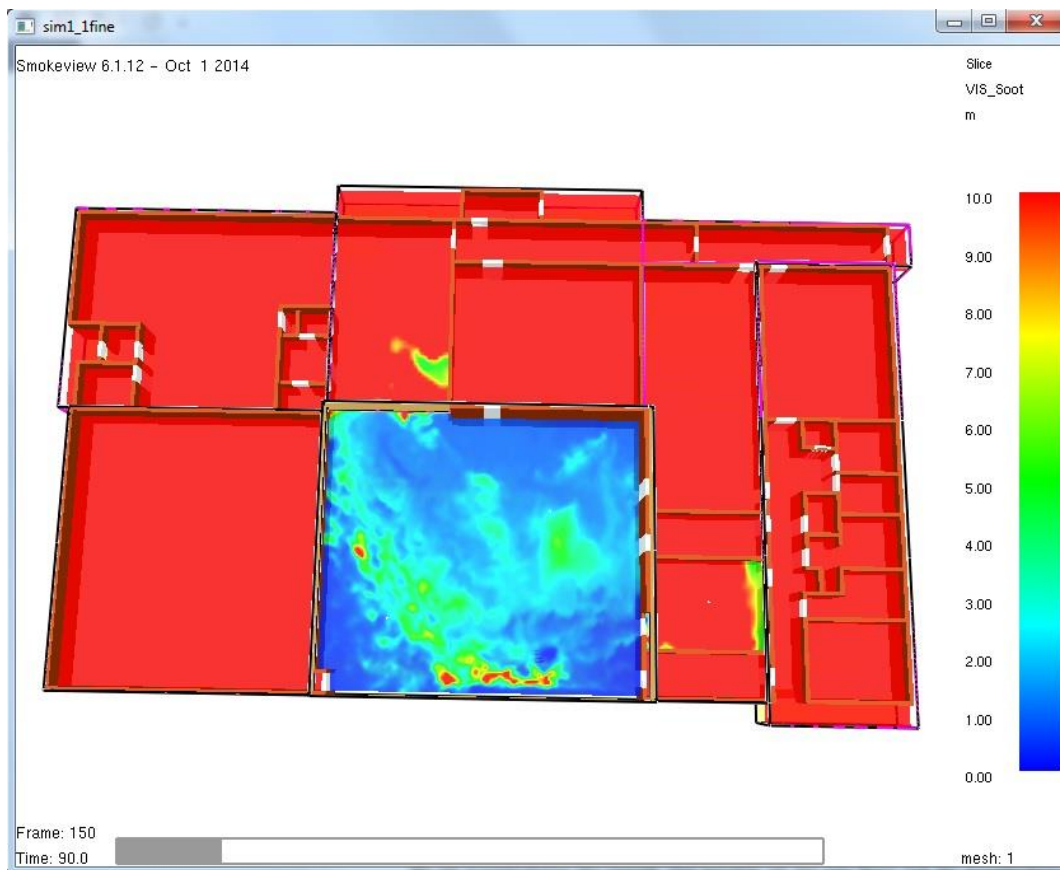
Figur A.3 Kritisk tid för brandgaslager i brandscenario A.

Efter föreslagen åtgärd genomförts och implementerats i FDS har nya förhållanden för utrymning getts men tiden till kritiska förhållanden har inte påverkats. Tiden är därmed även 2 minuter i det åtgärdade scenariot.

Siktberäkningar

Den kritiska tiden för sikten är ungefär 75 sekunder enligt simuleringen och kan ses i Figur A.2, detta inträffar då sikten i caféet är under tio meter i hela rummet.

I denna simulering antas rökspridning ske till, utöver den öppna ytan, två ytterligare klassrum med en fördröjning på 40 sekunder respektive 1 minut och 10 sekunder. Anledningen till den tidsskillnaden är på grund av att utrymning kan ske via de rummen och är då uppskattade med avseende på reaktionstid och förflyttningstid efter att detektor utlösts.



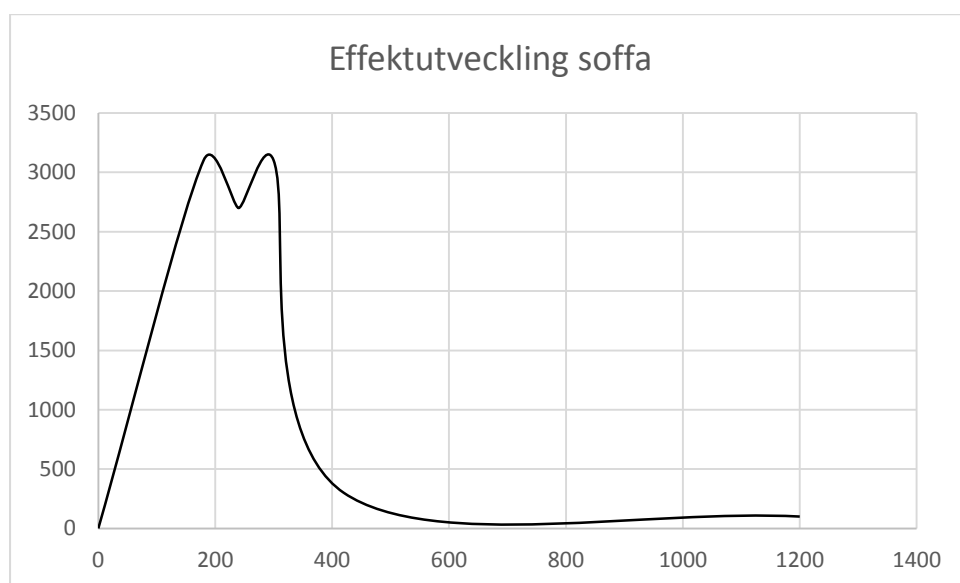
Figur A.4 Bild på kritisk tid för siktbarhet i scenario A.

Bilaga B. Brandscenario B – Brand i korridor, byggnadsdel C

Nedan beskrivs och redovisas samtliga beräkningar för scenariot brand i korridor i byggnadsdel C.

B.1. Dimensionerande brand

För att ta fram en dimensionerande brand för detta scenario har det antagits att det är en soffa som börjar brinna i korridoren på våningsplan två. I Initial Fires (Särdqvist, 1993) finns det representativa effektkurvor för soffor och då har den soffa med högst effektutveckling, med en maxeffekt på 3100 kW, valts för att branden ska skattas konservativt. Soffans brandförlopp motsvaras av kurvan i Figur B.1 nedan.



Figur B.1 Effektkurvor för soffor baserat på experiment redovisade i *Initial Fires* (Särdqvist, 1993).

Beräkning av effektkurvan har sedan gjorts enligt ekvation A.1 genom att läsa av maxeffekt och tid till maxeffekt i B.1 ovan. Detta för att kunna räkna ut tillväxthastigheten.

$$\alpha = \frac{3100}{180^2} = 0,096 \text{ kW/s}^2$$

$$\dot{Q} = 3100 \text{ kW}$$

$$t = 180 \text{ s}$$

Det har sedan antagits att soffan fortsätter brinna med maxeffekt tills branden släcks. Detta för att branden ska skattas konservativt. Eftersom denna effekt är förhållandevis hög och det är osäkert hur utrymmet kommer till att möbleras så kommer korridoren dimensioneras för att klara en brand på 5 MW (Boverket 2, 2013).

B.1.1. Ventilationskontroll

Energien som kan utvecklas i rummet utan att extra syre tillförs beräknas enligt ekvation A.2, A.3 och A.4 precis som i föregående scenario.

Den totala energin som kan frigöras i utrymmet utan att ny luft tillförs beräknas med hjälp av ekvation A.2

$$E = 13100 * 358 * (0,23 - 0,10) * 1,2 = 732 \text{ MJ}$$

$$V_{rum} \approx 358 \text{ m}^3$$

Eftersom branden också har en tillväxtfas måste denna tas hänsyn till vid kontroll av tillgång till luft. Tiden till maxeffekt, som används vid beräkning av tillgänglig luft, beräknas med hjälp av ekvation A.1

$$t = \sqrt{\frac{5000}{0,096}} = 229 \text{ sekunder}$$

Energien som frigörs under tillväxtfasen beräknas med ekvation A.3

$$E = \frac{0,096 * 229^3}{3} = 381 \text{ MJ}$$

$$\alpha = 0,096 \text{ kW/s}^2$$

Den energi som frigörs under brandförloppets maxeffekt är då

$$732 - 381 = 351 \text{ MJ}$$

Vid beräkning av tiden till branden har frigjort 351 MJ då det brinner med maxeffekt ges av ekvation A.4.

$$t = \frac{351 * 10^3}{5000} = 70 \text{ sekunder} = 1 \text{ minut och } 10 \text{ sekunder}$$

$$\dot{Q} = 5000 \text{ kW}$$

Om dessa två tider adderas fås den totala tid då branden är ventilationskontrollerad

$$229 + 70 = 299 \approx 5 \text{ minuter}$$

Den totala tiden då branden är ventilationskontrollerad är alltså 5 minuter. Detta kommer inte att ske under utrymningsförloppet.

B.2. Övertändningsberäkningar

Beräkningarna har genomförts enligt ekvation A.5, A.6 och A.7 ovan.

Värmeledningstalet beräknas med ekvation A.7

$$h_k = \sqrt{\frac{9,3 * 10^5}{285}} = 57 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$k\rho c = 9,3 * 10^5 \text{ W}^2\text{s/m}^4\text{K}^2 \text{ (tegel)}$$

$$t = 285 \text{ s}$$

$k\rho c$ -värdet beror av väggarnas material och väggarna i korridoren består av tegel och därför är detta värde valt (Karlsson och Quintiere, 2000).

Effekten till flashover beräknas genom användning av ekvation A.5 och A.6

$$\dot{Q}_{fo} = 610 * (0,057 * 570 * 3,6 * \sqrt{2})^{\frac{1}{2}} \approx 7,8 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_{fo} = 7,8 * 570 + 378 * 3,6 * \sqrt{2} \approx 6,4 \text{ MW}$$

$$A_T = 570 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$H_0 = 2 \text{ m}^2$$

Branden är placerad i en korridor där dörrar och fönster ut till omgivningen oftast är stängda. Det kan dock antas att det är ganska många dörrar öppna in till mindre kontor då det var det vid platsbesöket. Eftersom de öppna dörrarna leder in till andra slutna utrymmen är det svårt att veta hur mycket luft som verkligen tillförs.

Ventilationsarean har antagits vara 3,6 kvadratmeter, 2 dörrar, för att det förmodligen kommer vara några öppna dörrar men de leder inte ut till det fria och därför har det antagits att 2 dörrar är representativt för lufttillförseln. Höjden på öppningen har satts till 2 meter. Eftersom detta endast är antagna värden kan effekten för övertändning anses vara grovt skattad.

Enligt beräkningarna ovan varierar effekten för övertändning mellan 6,4 MW och 7,8 MW. Detta innebär att det inte finns risk för övertändning i utrymmet.

B.3. Utrymningsberäkningar

Alla beskrivningar av byggnaden nedan baseras på figur 20.

Alla personer antas vid beräkning befinna sig i samma rum på samma position.

För att ta reda på vilken del av byggnadsdelen som tar längst tid att utrymma har tre olika beräkningar gjorts med utgångspunkt i ekvation 2.

- Utrymning från sämst belägna kontor i förhållande till utrymningsväg längst ner till vänster, om utrymningsväg längst upp till vänster är blockerad
- Utrymning från sämst belägna kontor i förhållande till utrymningsväg längst ner till höger, om utrymningsväg längst upp till vänster är blockerad
- Utrymning från sämst belägna kontor i förhållande till utrymningsväg längst ner till höger

Det har valts att bara beräkna utrymning via en av utgångarna då alla utrymningsvägar är tillgängliga. Detta för att det är genom denna dörr flest personer kommer till att välja vid utrymning och gångavstånden till respektive utrymningsväg inom brandcellen är korta.

De beräkningar som kommer redovisas är den utrymning som tar längst tid då en utrymningsväg är blockerad och den utrymning som tar längst tid då alla nödutgångar är tillgängliga.

Fall 1 - Utrymning från sämst belägna kontor i förhållande till utrymningsväg längst ner till vänster, om utrymningsväg längst upp till vänster är blockerad

Detta är det scenario som tar längst tid att utrymma då en nödutgång är blockerad. Personalen som sitter på kontoren i denna byggnadsdel kan antas inte se branden vilket innebär att varseblivningstiden är den samma som tiden till detektoraktivering. Tiden till detektoraktivering har räknats ut med DetactT₂, precis som i föregående scenario, och indataparametrarna redovisas i Tabell B.1 nedan.

Tabell B.1 Redovisar indataparametrar i DetactT₂ för scenario B.

Parameter	Indata
Omgivningstemperatur [°C]	20
RTI-värde [(ms) ^{1/2}]	0,5
Aktiveringstemperatur [°C]	24
Rumshöjd [m]	3,2
Avstånd till brand [m]	7,5
Tillväxthastighet [W/s ²]	95,6
Aktiveringstid [s]	53,4

Tiden till detektoraktivering blir ungefär 60 sekunder, vilket därmed också blir varseblivningstiden. Förberedelsetiden är precis som i föregående scenario 60 sekunder.

Förflyttningstiden beräknas på samma sätt som i scenario A ovan, alltså genom ekvation A.7.

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{41}{1,225} + \frac{83}{0,9 * 1,1} = 117 \text{ sekunder} \approx 2 \text{ minuter}$$

$$l = 41 \text{ m}$$

$$v = 1,225 \text{ m/s}$$

$$n = 83 \text{ personer}$$

$$b = 0,9 \text{ m}$$

$$f = 1,1 \text{ m}$$

Förflyttningstiden blir enligt ovanstående beräkningar ungefär 2 minuter. Vid beräkning av total utrymningstid används ekvation 2.

$$t_{\text{utrymning}} = 60 + 60 + 120 = 240 \text{ sekunder} = 4 \text{ minuter}$$

Det tar alltså totalt 4 minuter att utrymma byggnadsdelen i detta fall.

Fall 2 - Utrymning från sämst belägna kontor i förhållande till utrymningsväg längst ner till höger

Varseblivningstiden och förberedelsetiden är de samma i detta fall som i fallet ovan. Det som skiljer sig är förflyttningstiden och därmed också den totala utrymningstiden. Förflyttningstiden beräknas, precis som ovan, med hjälp av ekvation A.7.

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{24}{1,225} + \frac{60}{0,9 * 1,1} = 80 \text{ sekunder}$$

$$l = 24 \text{ m}$$

$$v = 1,225 \text{ m/s}$$

$$n = 60 \text{ personer}$$

$$b = 0,9 \text{ m}$$

$$f = 1,1 \text{ p/sm}$$

Den totala utrymningstiden blir därmed

$$t_{\text{utrymning}} = 60 + 60 + 80 = 200 \text{ sekunder} = 3 \text{ minuter och } 20 \text{ sekunder}$$

Den totala utrymningstiden i detta fall blir 3 minuter och 20 sekunder. Skillnaden på utrymningstiden då alla utrymningsvägar är tillgängliga och då en utrymningsväg är blockerad blir alltså 40 sekunder.

Åtgärd påverkar varseblivningstiden

En åtgärd som är gjord för detta scenario är att tillväxthastigheten har minskats vilket innebär att detektionstiden ökar. Ytterligare en åtgärd som gjorts som påverkar varseblivningstiden är att detektorerna har placerats med ett avstånd på max 10 meter, vilket var 15 meter från början. Med dessa förändringar blir varseblivningstiden ungefär 110 sekunder. Därför kommer utrymningstiden i båda ovanstående fall ökas med 50 sekunder, alltså 4 minuter och 50 sekunder respektive 4 minuter och 10 sekunder.

Sammanställning av beräkningarna

För att få en översiktlig bild av handberäkningarna redovisas resultaten av dessa i tabell B.2 och tabell B.3 nedan.

Tabell B.2 Redovisar tider [s] för utrymningen enligt handberäkningar i scenario B innan åtgärd.

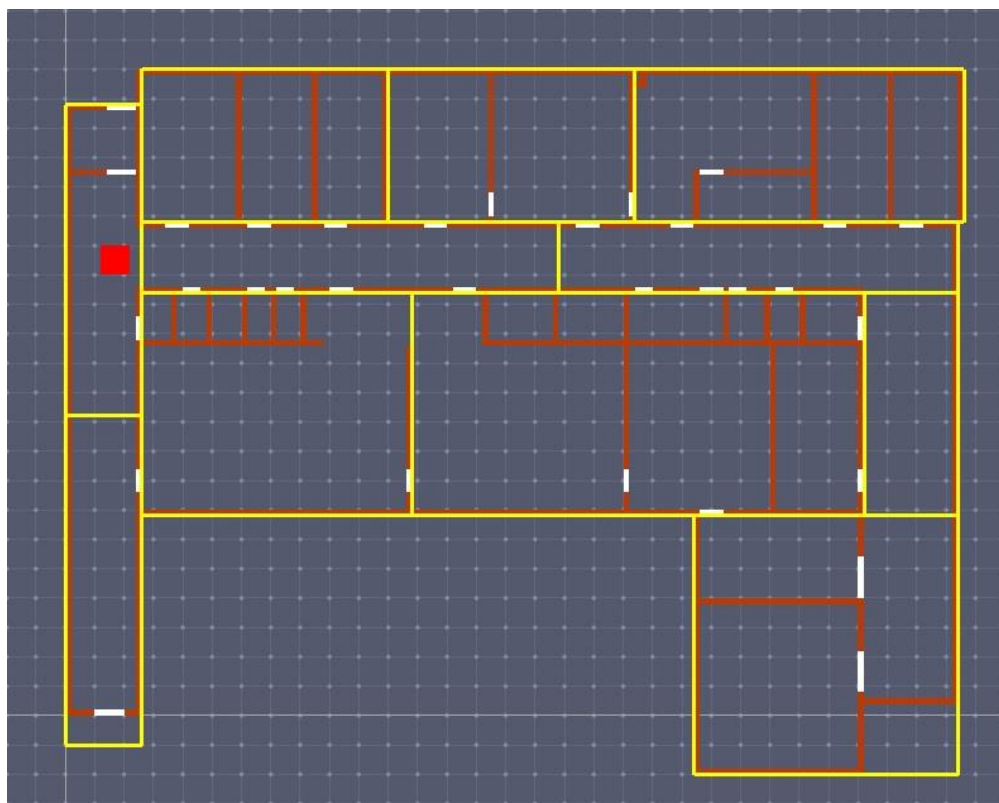
	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid	Utrymningstid
Fall 1	60	60	120	240
Fall 2	60	60	80	200

Tabell B.3 Redovisar tider [s] för utrymningen enligt handberäkningar i scenario B efter åtgärd.

	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid	Utrymningstid
Fall 1	110	60	120	290
Fall 2	110	60	80	250

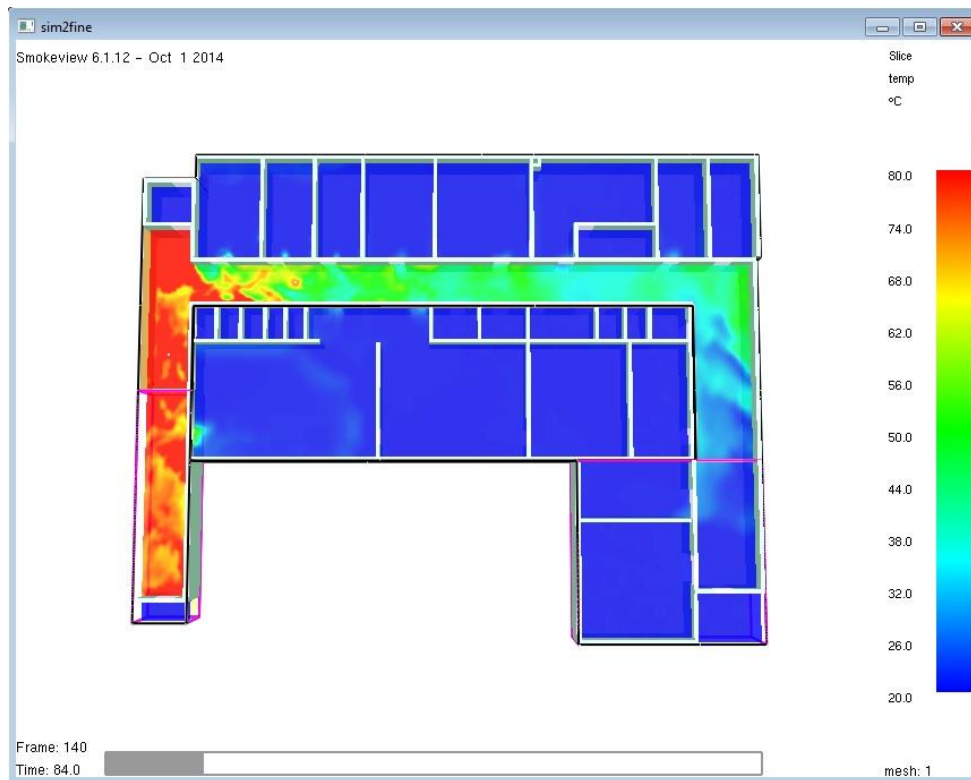
B.4. FDS-Simulering

Brandscenario B är likt föregående scenario begränsat till dess brandcell, se figur 10. I detta brandförlopp öppnas endast de dörrar som är utrymningsvägar och tillgängliga. Tidsfördröjningen från det att detektorerna aktiveras är 80 sekunder. Alla toaletter och mindre utrymmen såsom förråd och fläktrum hålls stängda. Byggnadsdelen är fördelad på 11 mesher och det brandscenario som har lägst antal celler. I övrigt gäller de antaganden som beskrivits i bilaga E.



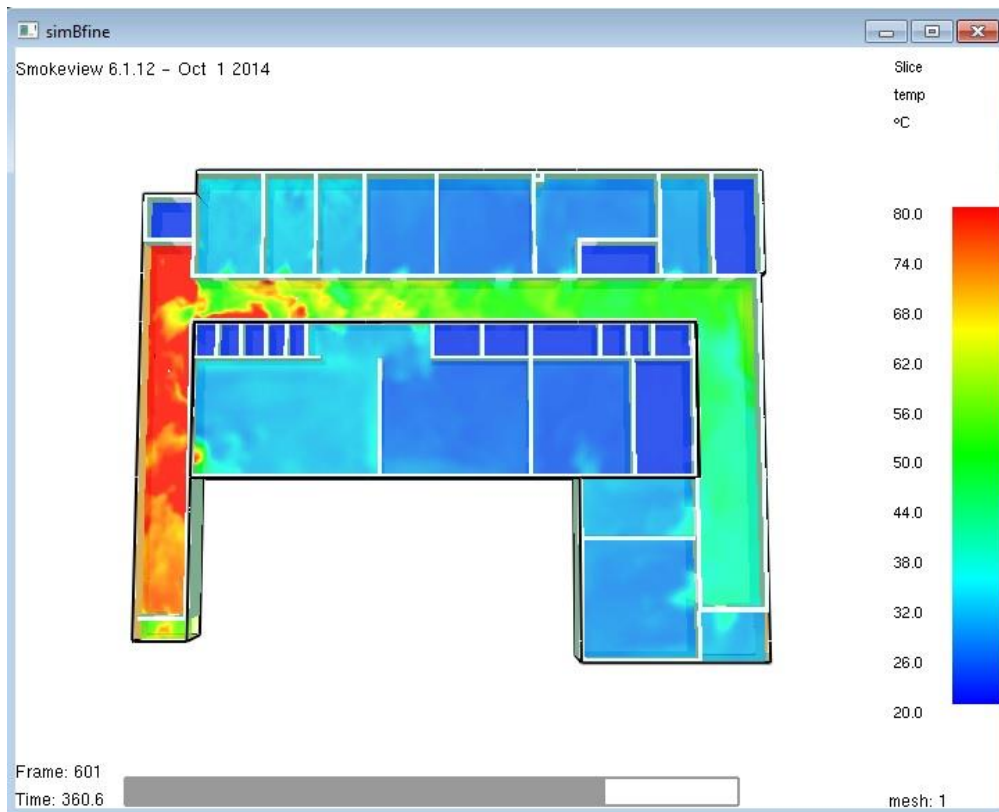
Figur B.2 Översiktsbild på fördelningen av mesher i Pyrosim.

Likt föregående scenario har kritiskt förhållande för brandgaslagret valts att jämföras med temperatur-slicefile. I detta fall når brandgaslagret utrymningsvägen i den vänstra korridoren, se Figur B.3, efter 1 minut och 25 sekunder.



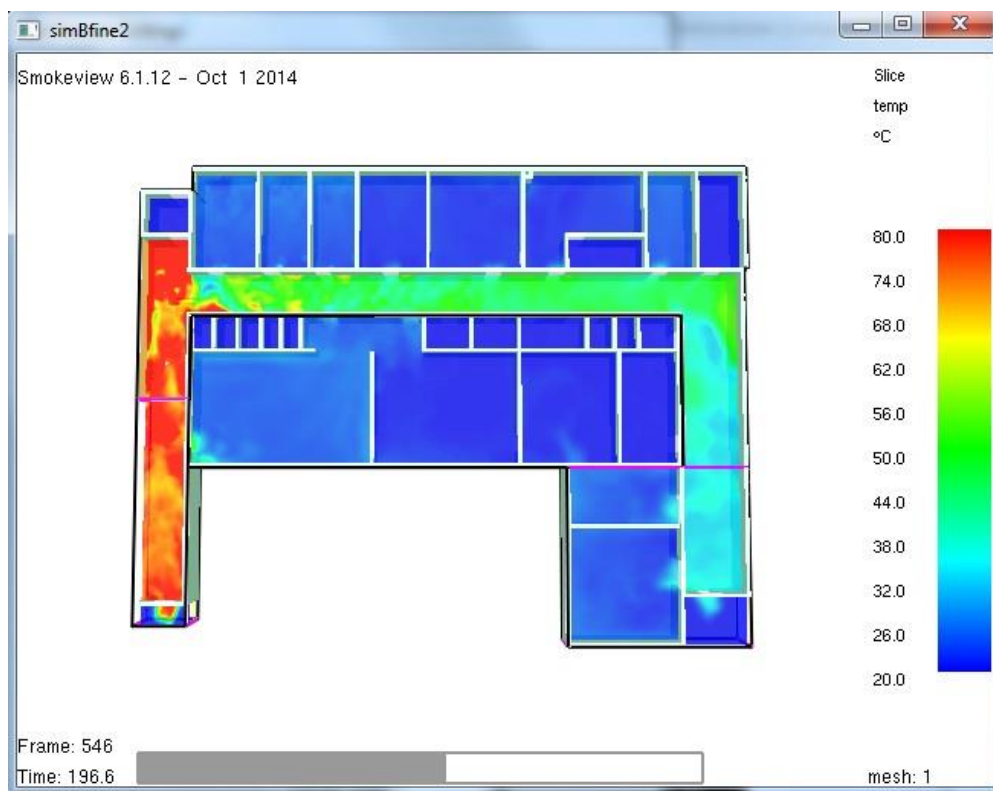
Figur B.3 Kritisk tid för brandgaslager i brandscenario B.

Efter föreslagen åtgärd genomförts och implementerats i FDS har en ny tid tagits fram för kritiskt förhållande. Simuleringen visade på en effektiv åtgärd då tiden för kritiskt förhållande förlängdes till 6 minuter, se Figur B.4. Förändring i tid jämfört med slow blev således 4 minuter och 25 sekunder.



Figur B.4 Kritisk tid för brandgaslagret i åtgärdat brandscenario B.

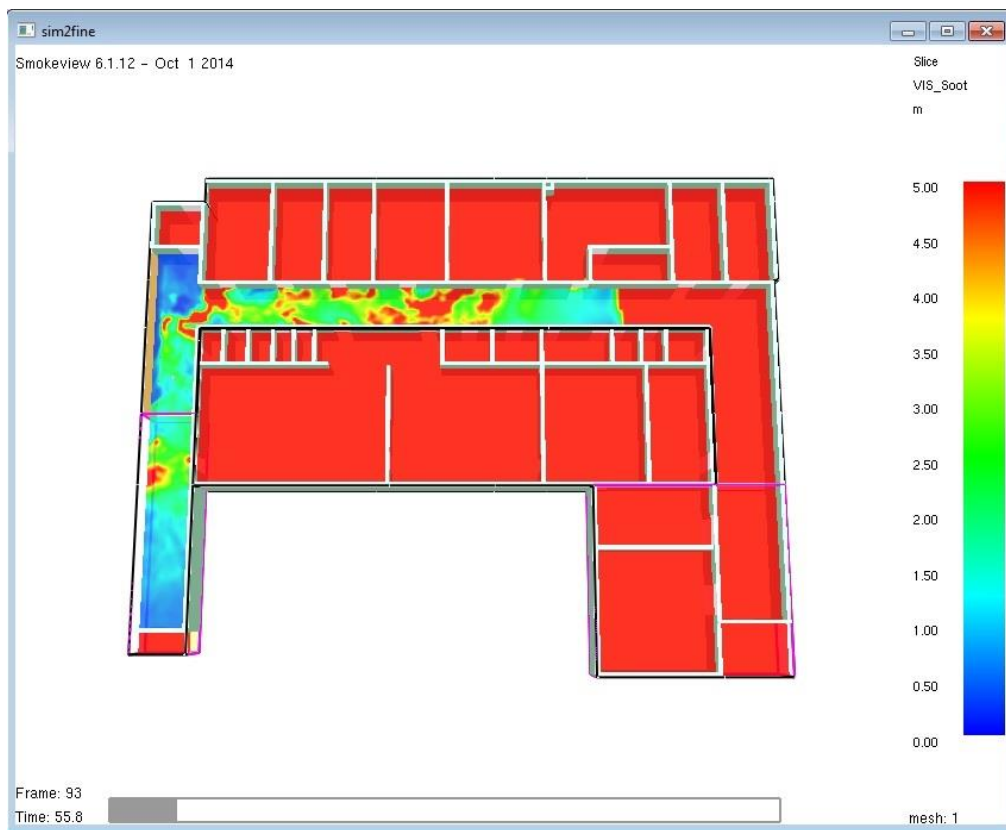
Åtgärden för brandscenario B förändrade tillväxthastigheten på branden till *slow* från *ultrafast-fast*. Det gjordes en känslighetsanalys på tillväxthastigheten för brandscenario B där tillväxthastigheten sattes till *medium* för att undersöka hur känslig åtgärden var och om där finns en säkerhetsmarginal för utrymningstiden gentemot kritiska förhållanden. Den förändrade tillväxthastigheten gav tiden 3 minuter och 15 sekunder till kritiska förhållanden, se Figur B.5.



Figur B.5 Kritisk tid för brandgaslagret i känslighetsanalys för brandscenario B.

Siktberäkningar

Vid brand i byggnadsdel C:s korridor uppnås kritiska förhållanden efter 55 sekunder. I simuleringen uppstår kritiska förhållanden då den vänstra samt större delen av översta delen av korridoren får låg sikt enligt Figur B.6 nedan.



Figur B.6 Bild på kritisk tid för siktbarhet i scenario B.

Bilaga C. Brandscenario C – Brand i korridor, byggnadsdel A

Nedan redovisas samtliga beräkningar som gjorts för detta brandscenario.

C.1. Dimensionerande brand

Den dimensionerande branden för detta scenario är samma brand som i scenario B, enda skillnaden är att den är placerad i ett annat utrymme. Därför är beräkningarna och antaganden för den dimensionerande branden samma i dessa två scenarier.

C.1.1. Ventilationskontroll

Hur länge branden är bränslekontrollerad beräknas på samma sätt som för bränderna i föregående scenarier. Även i dessa beräkningar antas det att inget syre tillförs rummet under brandförloppet. För att räkna ut energin som kan utvecklas i rummet används ekvation A.2.

$$E = 13100 * 921 * (0,23 - 0,10) * 1,2 = 2510 \text{ MJ}$$

$$V_{rum} \approx 1228 \text{ m}^3$$

Precis som i föregående scenarier måste det tas hänsyn till brandens tillväxtfas. Tiden till maxeffekt, som används vid beräkning av tillgänglig luft, beräknas med hjälp av ekvation A.1.

$$t = \sqrt{\frac{5000}{0,096}} = 229 \text{ sekunder}$$

Energien som frigörs under tillväxtfasen beräknas med ekvation A.3

$$E = \frac{0,096 * 229^3}{3} = 381 \text{ MJ}$$

$$\alpha = 0,096 \text{ kW/s}^2$$

Den energi som frigörs under brandförloppets maxeffekt är då

$$2510 - 381 = 2129 \text{ MJ}$$

Vid beräkning av tiden till branden har frigjort 2129 MJ då det brinner med maxeffekt ges av ekvation A.4.

$$t = \frac{2129 * 10^3}{5000} = 425 \text{ sekunder} \approx 7 \text{ minuter}$$

$$\dot{Q} = 5000 \text{ kW}$$

För att få den totala tiden då branden är ventilationskontrollerad adderas de båda tiderna.

$$229 + 425 = 654 \text{ sekunder} \approx 10 \text{ minuter och } 50 \text{ sekunder}$$

Den totala tiden tills branden blir ventilationskontrollerad är alltså 10 minuter och 50 sekunder och därmed kommer luften inte hinna ta slut under utrymningsförloppet.

C.2. Övertändningsberäkningar

Övertändningsberäkningarna har genomförts på samma sätt som i scenario A och B ovan, alltså genom användande av ekvation A.5, A.6 och A.7.

Värmeledningstalet beräknas genom ekvation A.7.

$$h_k = \sqrt{\frac{9,3 * 10^5}{335}} = 53 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$k\rho c = 9,3 * 10^5 \text{ W}^2\text{s/m}^4\text{K}^2 \text{ (tegel)}$$

$$t = 335 \text{ s}$$

$k\rho c$ -värdet beror av väggarnas material och väggarna i korridoren består av tegel och därför är detta värde valt (Karlsson och Quintiere, 2000).

Effekten för att nå flashover blir, genom användning av ekvation A.5 och A.6, därmed

$$\dot{Q}_{fo} = 610 * (0,053 * 1147 * 3,6 * \sqrt{2})^{\frac{1}{2}} \approx 10,7 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_{fo} = 7,8 * 1147 + 378 * 3,6 * \sqrt{2} \approx 10,9 \text{ MW}$$

$$A_T = 1147 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 3,6 \text{ m}^2$$

$$H_0 = 2 \text{ m}^2$$

Branden är placerad i en korridor med dörrar och fönster som oftast är stängda och de ventilationsöppningar som troligen skulle stå öppna leder in till klassrum som också är slutna utrymmen. Det betyder att det är svårt att avgöra hur mycket luft som egentligen tillsätts korridoren om dörrar in till klassrummen skulle stå öppna. Arealen på ventilationsöppningarna har antagits vara 3,6 kvadratmeter, två dörrar, och höjden på öppningarna har antagits vara 2 meter. Eftersom detta endast är antagna värden kan effekten för övertändning anses vara grovt skattad.

Beräkningarna visar att effekten för att övertändning ska ske varierar mellan 10,7 MW och 10,9 MW. Det betyder att initialbranden inte kommer orsaka övertändning i detta utrymme.

C.3. Utrymningsberäkningar

Alla beskrivningar av byggnaden nedan baseras på Figur 27.

I detta fall har det genomförts beräkningar på fem olika fall för att se hur en blockerad utrymningsväg skulle påverka förloppet. De fyra fallen som har beräknats är

- Utrymning från sämst belägna klassrum i förhållande till utrymningsväg till nästa byggnadsdel, längst till höger i ritningen
- Utrymning från sämst belägna klassrum i förhållande till utrymningsväg till nästa brandcell, längst till vänster i ritningen
- Utrymning från sämst belägna klassrum i förhållande till utrymningsväg till trapphuset
- Utrymning från sämst belägna klassrum i förhållande till utrymningsväg till trapphuset då utrymningsväg in i nästa brandcell är blockerad
- Utrymning från sämst belägna klassrum i förhållande till utrymningsväg till trapphuset då utrymningsväg in i nästa byggnadsdel är blockerad

Det har valts att inte blockera utrymningsvägen ut i trapphuset då de andra beräkningarna visat att denna utrymningsväg är nödvändig för en tillfredställande utrymning och därför får heller inte inredning placeras så att det finns risk att denna blockeras.

De två beräkningar som kommer redovisas är det fall som tar längst tid att utrymma då ingen utrymningsväg är blockerad och det fall som tar längst tid att utrymma om värsta utrymningsväg är blockerad.

Fall 1 - Utrymning från sämst belägna klassrum i förhållande till utrymningsväg till trapphuset då utrymningsväg in i nästa brandcell är blockerad

Detta är det fall som tar längst tid att utrymma då en nödutgång är blockerad. Personerna i detta scenario antas befinna sig i klassrummen och kommer därmed inte se branden, därför kommer varseblivningstiden bli den tid till detektorn aktiveras. Detta har beräknats med hjälp av DetactT2 med följande indata parametrar, se Tabell C.1 nedan.

Tabell C.1 Redovisar indataparametrar i DetactT2 för scenario C.

Parameter	Indata
Omgivningstemperatur [°C]	20
RTI-värde [(ms) ^{1/2}]	0,5
Aktiveringstemperatur [°C]	24
Rumshöjd [m]	3,2
Avstånd till brand [m]	7,5
Tillväxthastighet [W/s ²]	95,6
Aktiveringstid [s]	55,8

Detektorn kommer alltså till att aktivera efter ungefär 60 sekunder vilket också blir varseblivningstiden. Precis som i föregående scenario antas det att förberedelsetiden är 60 sekunder.

När utrymning sker via trapphusen kommer det inte vara dörrbredden och personflödet genom dörren som är den begränsande faktorn för förflyttningstiden utan det kommer att vara bredden och personflödet i trapporna. Bredden för dörrarna

ut i trapphuset är 3,2 meter och trappans bredd är 2,05 meter. Enligt BBRAD är personflödet genom en dörr för personer som förväntas känna till utrymningsvägen 1,1 p/sm och personflödet i en trappa är 1 p/sm (Boverket 2, 2013). Både trappans bredd och personflöde är alltså mindre än dörrens, vilket kommer att ge en längre förflyttningstid. Då bredden på trappan ansätts är den 30 centimeter smalare än i verkligheten. Detta är för att det anses att hela trappbredden inte kan användas effektivt (Boverket 2, 2013).

Förflyttningstiden beräknas enligt ekvation A.7 ovan.

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{30}{1,225} + \frac{227}{1,75 * 1} = 154 \text{ sekunder} \approx 160 \text{ sekunder}$$

$$l = 30 \text{ m}$$

$$v = 1,225 \text{ m/s}$$

$$n = 227 \text{ personer}$$

$$b = 1,75 \text{ m}$$

$$f = 1 \text{ p/sm}$$

Den totala utrymningstiden blir enligt ekvation 2 ovan

$$t_{\text{utrymning}} = 60 + 60 + 160 = 280 \text{ sekunder} = 4 \text{ minuter och } 40 \text{ sekunder}$$

Den totala utrymningstiden kommer alltså till att bli 4 minuter och 40 sekunder.

Fall 2 - Utrymning från sämst belägna klassrum i förhållande till utrymningsväg till nästa brandcell

Detta är det fall som tar längst tid att utrymma då alla utrymningsvägar är tillgängliga. Varseblivningstid och förberedelsetid är samma som i fallet ovan. Förflyttningstiden i detta fall är däremot annorlunda. Eftersom avståndet till utrymningsvägen från sämst belägna klassrum är kort, kan den första termen i ekvation A.7 försummas. Därmed blir förflyttningstiden

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{180}{1,1 * 0,9} = 182 \text{ sekunder} \approx 3 \text{ minuter}$$

Förflyttningstiden blir i detta fall ungefär 3 minuter och den totala utrymningstiden blir enligt ekvation 2 därmed

$$t_{\text{utrymning}} = 60 + 60 + 180 = 300 \text{ sekunder} = 5 \text{ minuter}$$

Den totala utrymningstiden blir alltså 5 minuter.

Vid jämförelse av dessa båda beräkningar ses det att det går 1 minut och 20 sekunder snabbare att utrymma byggnaden om alla utrymningsvägar är tillgängliga än om en utrymningsväg är blockerad.

Åtgärd påverkar varseblivningstiden

En åtgärd som är gjord för detta scenario, precis som i scenario B, är att tillväxthastigheten har minskats vilket innebär att detektionstiden ökar. Ytterligare en åtgärd som gjorts som påverkar varseblivningstiden är att detektorerna har placerats med ett avstånd på max 10 meter, vilket var 15 meter från början. Med dessa förändringar blir varseblivningstiden ungefär 120 sekunder. Därför kommer utrymningstiden i båda ovanstående fall ökas med 60 sekunder, alltså 7 minuter och 20 sekunder respektive 6 minuter.

Sammanställning av beräkningarna

För att få en översiktlig bild av handberäkningarna redovisas resultaten av dessa i tabell C.2 och tabell C.3 nedan.

Tabell C.2 Redovisar tider [s] för utrymningen enligt handberäkningar i scenario C innan åtgärd.

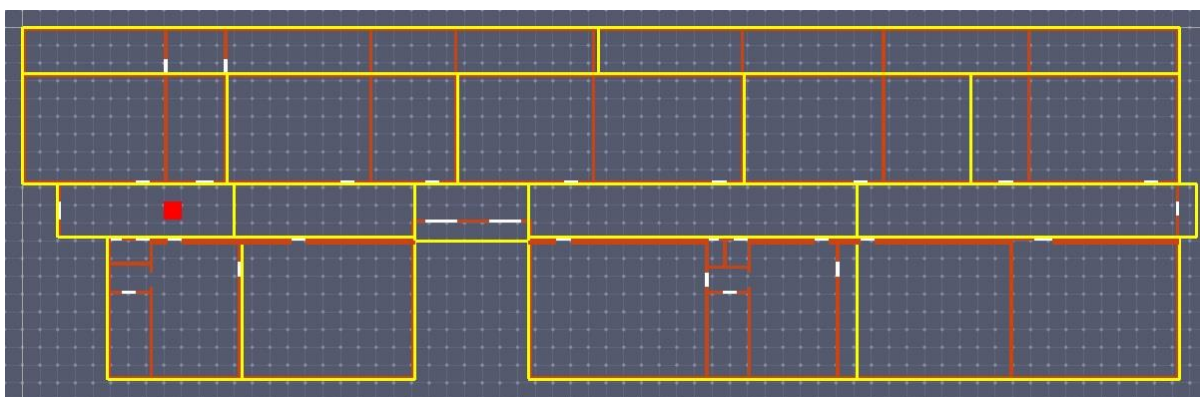
	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid	Utrymningstid
Fall 1	60	60	160	280
Fall 2	60	60	180	300

Tabell C.3 Redovisar tider [s] för utrymningen enligt handberäkningar i scenario C efter åtgärd.

	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid	Utrymningstid
Fall 1	120	60	160	340
Fall 2	120	60	180	360

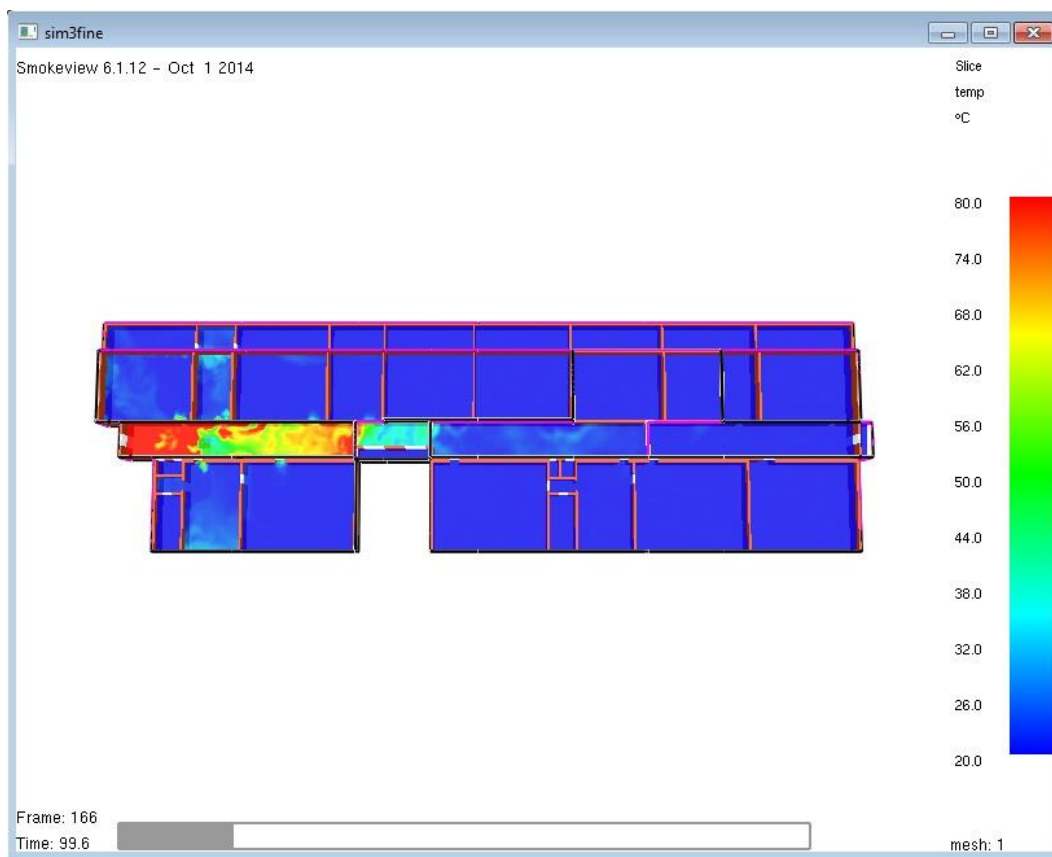
C.4. FDS-Simulering

Brandscenario C är likt föregående scenario begränsat till dess brandcell, se figur 11. Förutsättningarna för dörrar är densamma som för brandscenario B, det vill säga, utrymningsvägar som leder vidare till nästa brandcell och är tillgängliga efter en fördröjning på 80 sekunder. Eftersom branden är placerad i den vänstra delen av korridoren enligt Figur C.1 kommer brandgaserna först strömma ut i trapphuset och möjligen försvåra utrymning för personer från ovanstående plan. Detta är dock något som inte tagits hänsyn till i simuleringarna. Brandcellen är fördelad på 16 mesher. I övrigt gäller de antaganden som beskrivits i bilaga E.



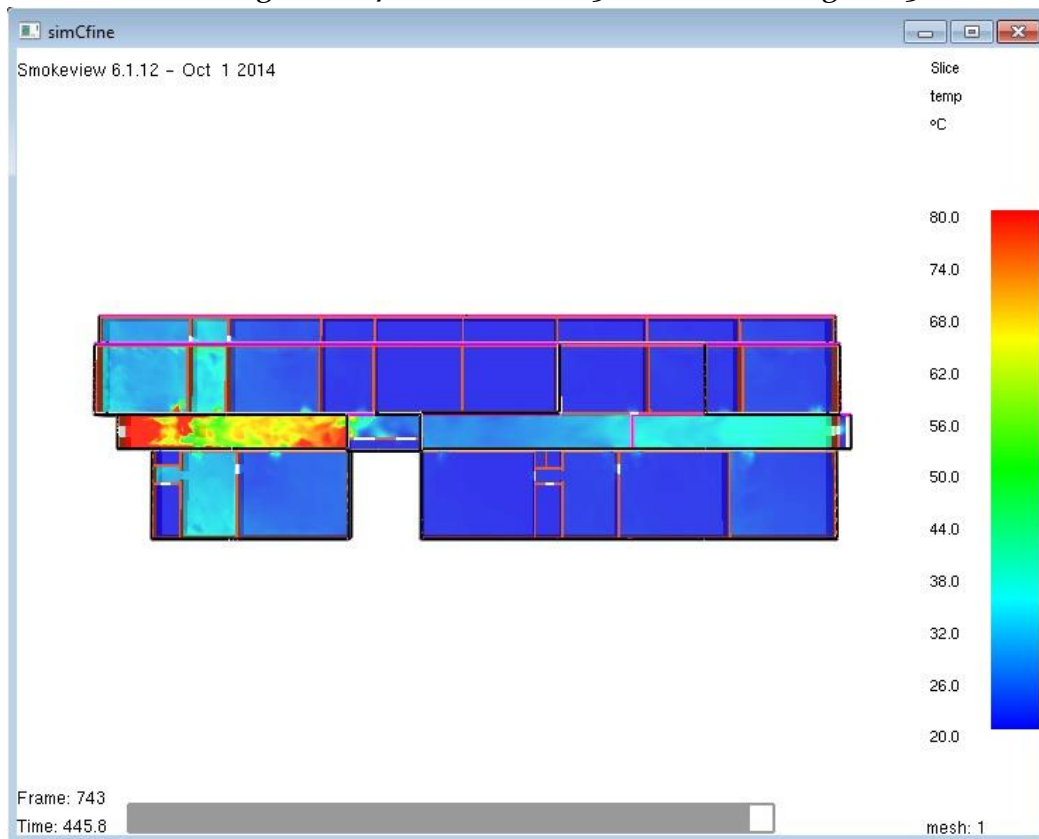
Figur C.1 Översiktsbild på fördelningen av mesher i Pyrosim.

Likt föregående scenario har kritiskt förhållande för brandgaslagret valts att jämföras med temperatur-slicefile. I detta fall nås kritiskt förhållande efter 1 minut och 40 sekunder vid trapphuset, se Figur C.2.



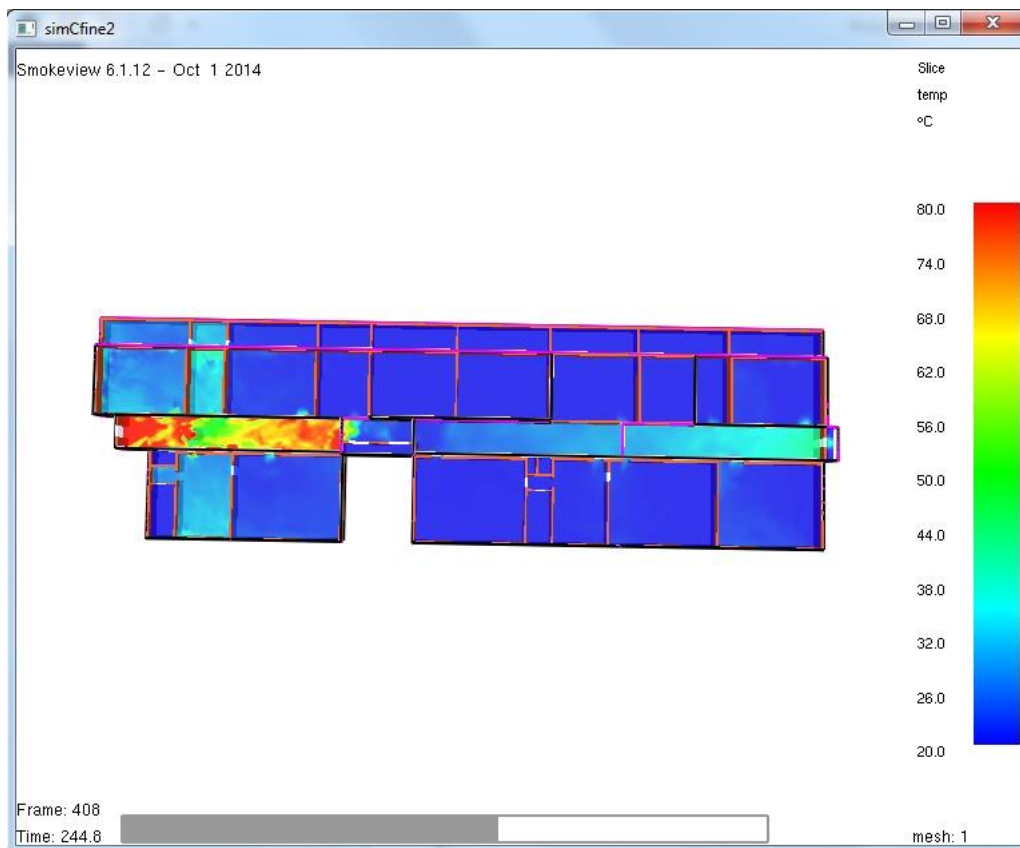
Figur C.2 Kritisk tid för brandgaslager i brandscenario C.

Efter föreslagen åtgärd genomförts och implementerats i FDS har en ny tid tagits fram för kritiskt förhållande. Simuleringen visade på en effektiv åtgärd då tiden för kritiskt förhållande förlängdes till 7 minuter och 25 sekunder, se Figur C.3.



Figur C.3 Kritisk tid för brandgaslager i åtgärdat brandscenario C.

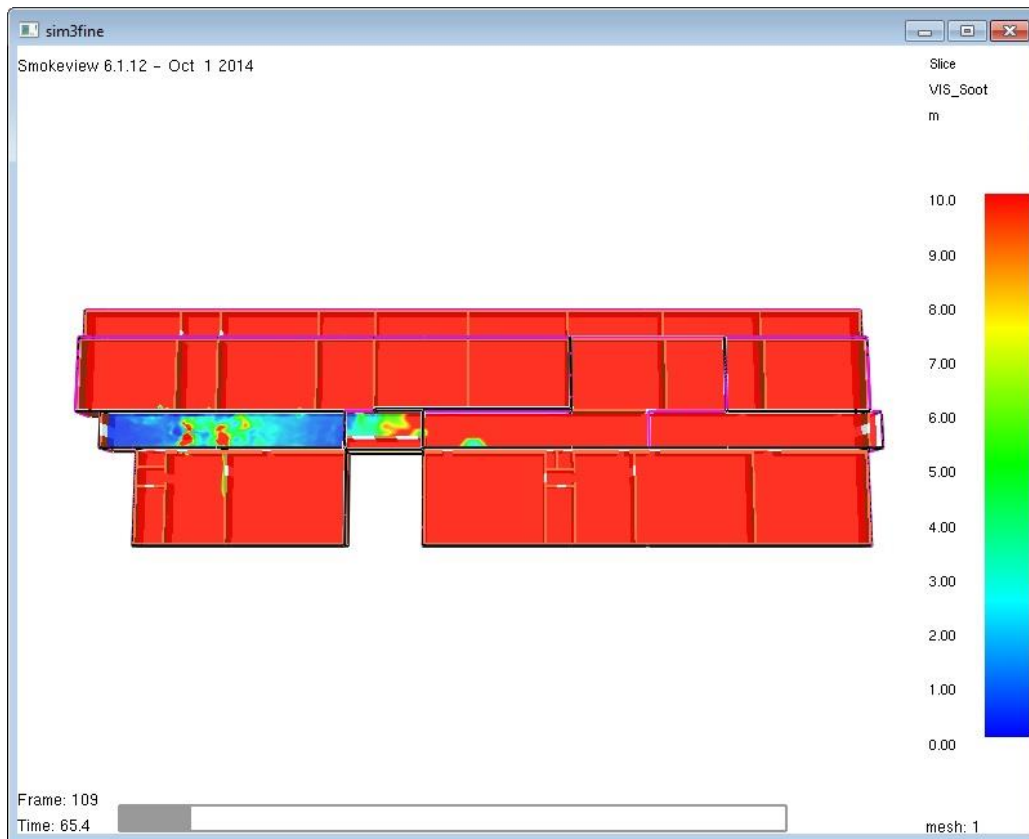
Likt brandscenario B gjorde åtgärden att tillväxthastigheten sattes till en långsammare varpå en känslighetsanalys kändes nödvändig. Den förändrade tillväxthastigheten *medium* gav tiden 4 minuter och 5 sekunder till kritiska förhållanden, se Figur C.4.



Figur C.4 Kritisk tid för brandgaslagret i känslighetsanalys för brandscenario C.

Siktberäkningar

Korridoren på andra våningen når kritiska förhållanden, som kan ses i Figur C.5, efter redan 1 minut och 5 sekunder. Detta är ett väldigt snabbt förlopp då siktbarheten vid 1,8 meters höjd sjunker från att vara större än tio meter till mindre än fyra meter på cirka femton sekunder.



Figur C.5 Bild på kritisk tid för siktbarhet i scenario C

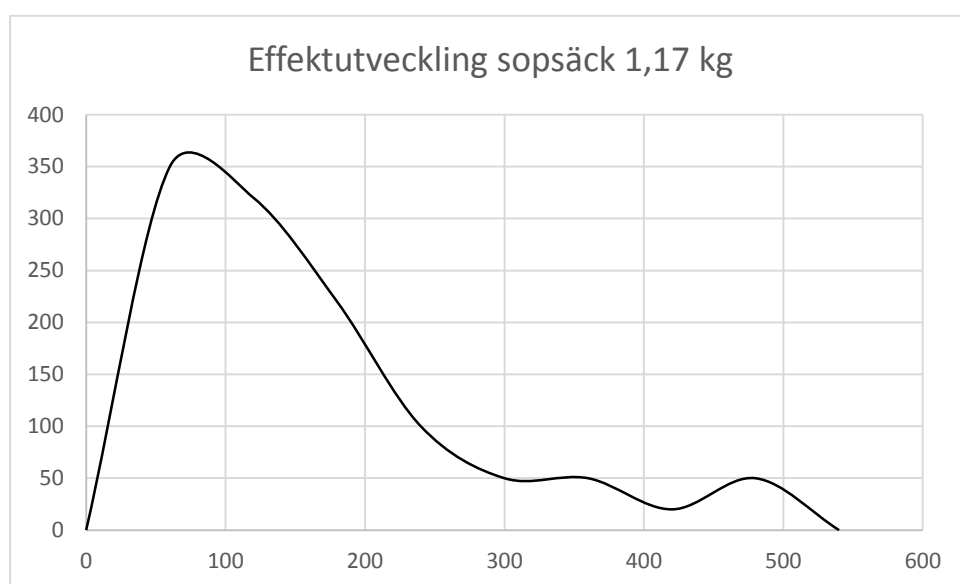
Bilaga D. Brandscenario D – Brand i NO-sal

Nedan följer samtliga handberäkningar för scenariot brand i NO-sal.

D.1. Dimensionerande brand

I detta scenario har det antagits att branden startar i en papperskorg och branden sprids vidare till gardinerna och når slutligen en skolbänk.

Effekten för brand i papperskorg har likställts med innehållet ur en sopsäck, vilket ger en maxeffekt på 140 kW som nås på 60 sekunder (Karlsson och Quintiere, 2000). De värden som används är tagna ur Figure 3.10 i *Enclosure Fire Dynamics* och experimentet är gjort på en sopsäck som innehåller 1,17 kg skräp (Karlsson och Quintiere, 2000). Effektkurvan visas i figur D.1 nedan.



Figur D.1 Effektkurva baserad på experiment som redovisas i *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson och Quintiere, 2000).

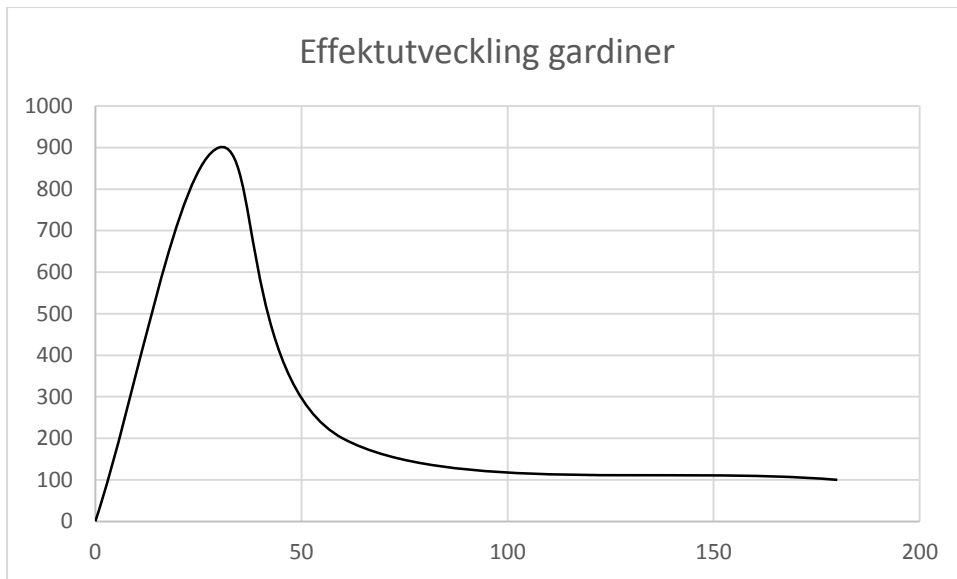
För att räkna ut tillväxthastigheten för brand i papperskorg har ekvation A.1 använts.

$$\alpha = \frac{140}{60^2} \approx 0,039 \text{ kW/s}^2$$

$$\dot{Q} = 140 \text{ kW}$$

$$t = 60 \text{ s}$$

Det experiment som det har utgått från när beräkningar för brand i gardin är den som visas i Figur D.2 nedan.



Figur D.2 Baserat på experiment genomförda på gardiner. Experimenten är redovisade i *Initial Fires* (Särdqvist, 1993).

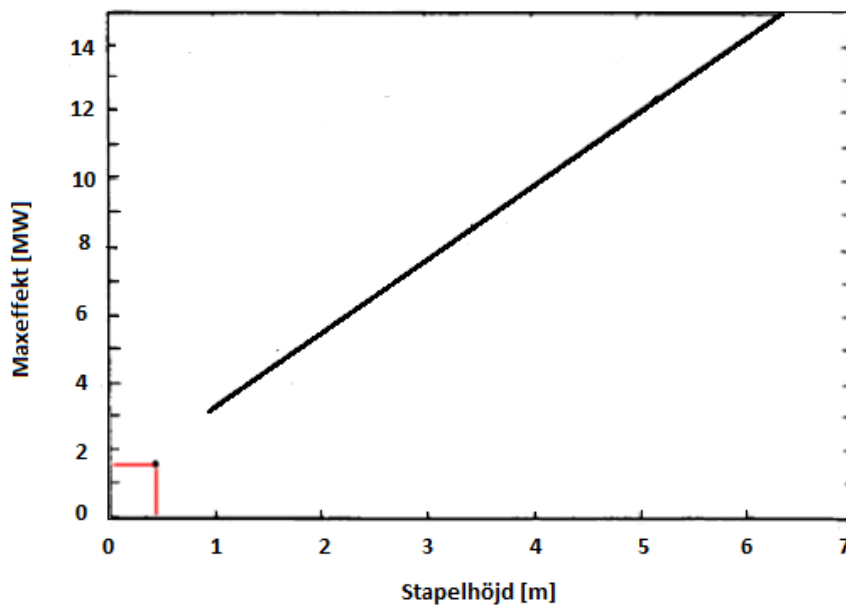
För beräkning av tillväxthastigheten har precis som i fallet med papperskorgen ekvation A.1 använts.

$$\alpha = \frac{900}{30^2} = 1 \text{ kW/s}^2$$

$$\dot{Q} = 900 \text{ kW}$$

$$t = 30 \text{ s}$$

För att beräkna brand i skolbänk har det likställts med ett pallställage på 40 centimeter. Figur D.3 används för att ta fram effektutvecklingen och den röda markeringen visar hur avläsningen har skett. Tillväxthastigheten har tagits ur Table 3.6 – Energy Release Rate Data i *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson och Quintiere, 2000) som är 0,012.



Figur D.3 Diagram över hur effektutvecklingen för pallställage varierar med höjden, diagrammet baseras på ett diagram ur *Enclosure Fire Dynamics* (Karlsson och Quintiere, 2000).

Med ekvation A.1 har tiden till maxeffekt räknats ut.

$$t = \sqrt{\frac{1500}{0,012}} = 354 \text{ sekunder}$$

Eftersom det är svårt att veta hur lokalen kommer att möbleras kommer effekten 3000 kW väljas i beräkningarna nedan. Detta för att skatta riskerna konservativt.

D.1.1. Ventilationskontroll

Antaganden som gjorts vid dessa beräkningar är de samma som vid beräkningar av ventilationskontroll i föregående brandscenarier. Energin som kan utvecklas i rummet beräknas enligt ekvation A.2.

$$E = 13100 * 190 * (0,23 - 0,10) * 1,2 = 388 \text{ MJ}$$

$$V_{rum} \approx 190 \text{ m}^2$$

Precis som i de föregående tre scenarierna måste det tas hänsyn till brandens tillväxtfas. Tiden till maxeffekt, som används vid beräkning av tillgänglig luft, beräknas med hjälp av ekvation A.1

$$t = \sqrt{\frac{3000}{0,012}} = 500 \text{ sekunder}$$

Energin som frigörs under tillväxtfasen beräknas med ekvation A.3

$$E = \frac{0,012 * 500^3}{3} = 500 \text{ MJ}$$

$$\alpha = 0,012 \text{ kW/s}^2$$

Detta betyder att branden inte kommer till att nå maxeffekt utan luften kommer till att ta slut innan. Tiden till branden blir ventilationskontrollerad beräknas därmed med hjälp av ommöblering av ekvation A.3

$$t = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 388}{0,012}} = 460 \text{ sekunder} = 7 \text{ minuter och } 40 \text{ sekunder}$$

Den totala tiden tills branden blir ventilationskontrollerad är alltså 7 minuter och 40 sekunder och därmed kommer luften inte hinna ta slut under utrymningsförloppet.

D.2. Övertändningsberäkningar

Precis som i föregående scenarier har övertändningsberäkningarna genomförts med hjälp av ekvation A.5, A.6 och A.7.

Värmeledningstalet beräknas med ekvation A.7.

$$h_k = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{590}} = 58 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$k\rho c = 2 \cdot 10^6 \text{ W}^2\text{s/m}^4\text{K}^2 \text{ (betong)}$$

$$t = 590 \text{ s}$$

$k\rho c$ -värdet beror av väggarnas material och väggarna i klassrummet består av betong och därför är detta värde valt (Karlsson och Quintiere, 2000).

Genom beräkning av ekvation A.5 och A.6 fås följande resultat

$$\dot{Q}_{fo} = 610 \cdot (0,058 \cdot 229 \cdot 1,6 \cdot \sqrt{2})^{\frac{1}{2}} \approx 4,2 \text{ MW}$$

$$\dot{Q}_{fo} = 7,8 \cdot 230 + 378 \cdot 1,6 \cdot \sqrt{2} \approx 3,1 \text{ MW}$$

$$A_T = 229 \text{ m}^2$$

$$A_0 = 2,8 \text{ m}^2$$

$$H_0 = 2 \text{ m}^2$$

Eftersom branden är placerad i ett klassrum kan det antas att ett fönster är öppet. Även en dörr antas vara öppen. Därmed har arean antagits vara 2,8 kvadratmeter och höjden på öppningen har satts till 1,6 meter. Eftersom detta endast är antagna värden kan effekten för övertändning anses vara grovt skattad.

För att övertändning ska ske i utrymmet krävs det effekt på mellan 3,1 MW och 4,2 MW. Eftersom den dimensionerande branden är 3 MW finns det liten risk att övertändning i utrymmet uppstår. Dock kan det förväntas inte inträffa då värdet 3 MW ligger under undre gränsen och alla beräknade värden är konservativt skattade.

D.3. Utrymningsberäkningar

Alla efterföljande beskrivningar av byggnaden baseras på figur 34.

Eftersom branden sker i ett klassrum kommer ingen av utrymningsvägarna att blockeras. De två fallen som har granskats är följande

- Utrymning från brandrum ut genom utrymningsväg in till nästa byggnadsdel, längst till höger i ritningen
- Utrymning från bildsal ut genom utrymningsväg till trapphuset

Eftersom varseblivnings- och förberedelsetiden i brandrummet är betydligt kortare än i bildsalen kommer det sistnämnda fallet att ta längst tid att utrymma och det är också detta fall som kommer att redovisas.

Fall 1 - Utrymning från bildsal ut genom utrymningsväg till trapphuset

Eftersom personerna här inte ser branden kommer varseblivningstiden vara, precis som i föregående scenarier, tiden till detektoraktivering. Även denna gång är aktiveringstiden beräknad med DetactT2 och indataparametrarna redovisas i Tabell D.1 nedan.

Tabell D.1 Redovisar indataparametrar i DetactT2 för scenario D.

Parameter	Indata
Omgivningstemperatur [°C]	20
RTI-värde [(ms) ^{1/2}]	0,5
Aktiveringstemperatur [°C]	24
Rumshöjd [m]	3,2
Avstånd till brand [m]	4
Tillväxthastighet [W/s ²]	12
Aktiveringstid [s]	67,8

Varseblivningstiden kommer alltså till att vara ungefär 70 sekunder. Förberedelsetiden kommer precis som i samtliga föregående scenarier att sättas till 60 sekunder. Förflyttningstiden beräknas som vanligt med hjälp av ekvation A.7. Precis som i föregående scenario kommer den begränsande faktorn i term två vara trappan. Trappan är smalare än dörren och förflyttningshastigheten är också lägre.

$$t_{\text{förflyttning}} = \frac{22,5}{1,225} + \frac{60}{1,3 * 1} = 65 \text{ sekunder}$$

$$l = 22,5 \text{ m}$$

$$v = 1,225 \text{ m/s}$$

$$n = 60 \text{ personer}$$

$$b = 1,3 \text{ m}$$

$$f = 1 \text{ p/sm}$$

Förflyttningstiden i detta fall är ungefär 50 sekunder och den totala utrymningstiden blir därmed

$$t_{utrymning} = 70 + 60 + 65 = 195 \text{ sekunder} = 3 \text{ minuter och } 15 \text{ sekunder}$$

Det tar alltså 3 minuter och 15 sekunder för personerna i detta scenario att sätta sig i säkerhet.

Sammanställning av beräkningarna

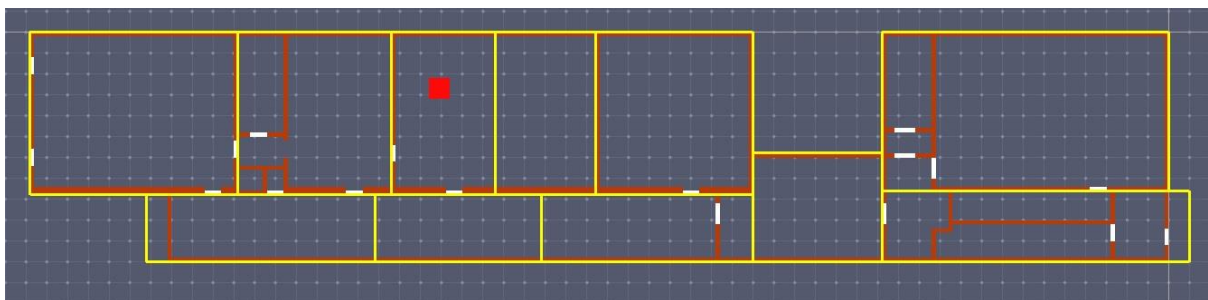
För att få en översiktlig bild av handberäkningarna redovisas resultaten av dessa i tabell D.2 nedan.

Tabell D.2 Redovisar tider [s] för utrymningen enligt handberäkningar i scenario D.

	Varseblivningstid	Förberedelsetid	Förflyttningstid	Utrymningstid
Fall 1	70	60	65	195

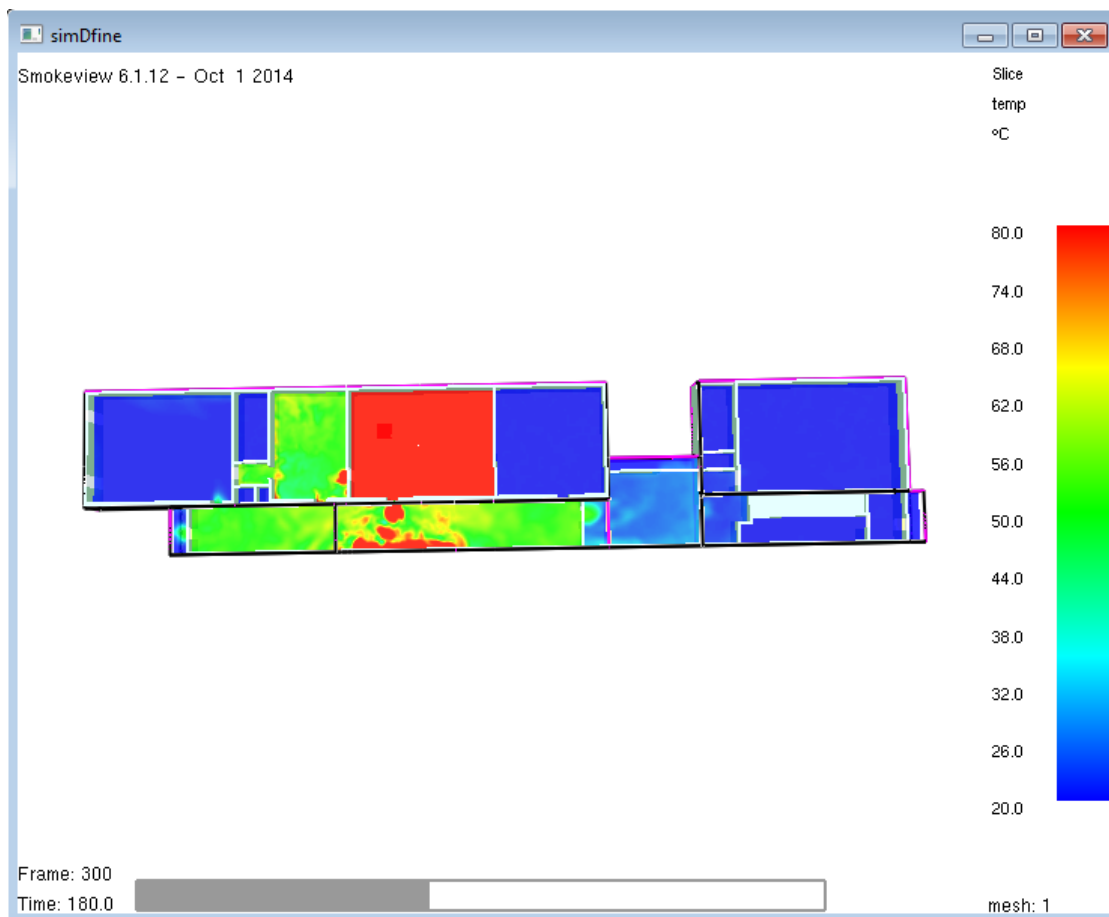
D.4. FDS-Simulering

Brandscenario D är likt föregående scenario begränsat till dess brandcell, se figur 12. En av de största skillnader gentemot föregående brandscenarier är att ingen utrymningsväg naturligt blockeras eftersom branden är placerad i NO-salen. Efter detektoraktivering öppnar dörren till höger med 30 sekunders fördröjning och dörrarna som leder till trapphuset samt ut till taket med 80 sekunders fördröjning. Brandcellen är fördelad på 11 mesher, se figur D.4. I övrigt gäller de antaganden som beskrivits i bilaga E.



Figur D.4 Översiktsbild på fördelningen av mesher i Pyrosim.

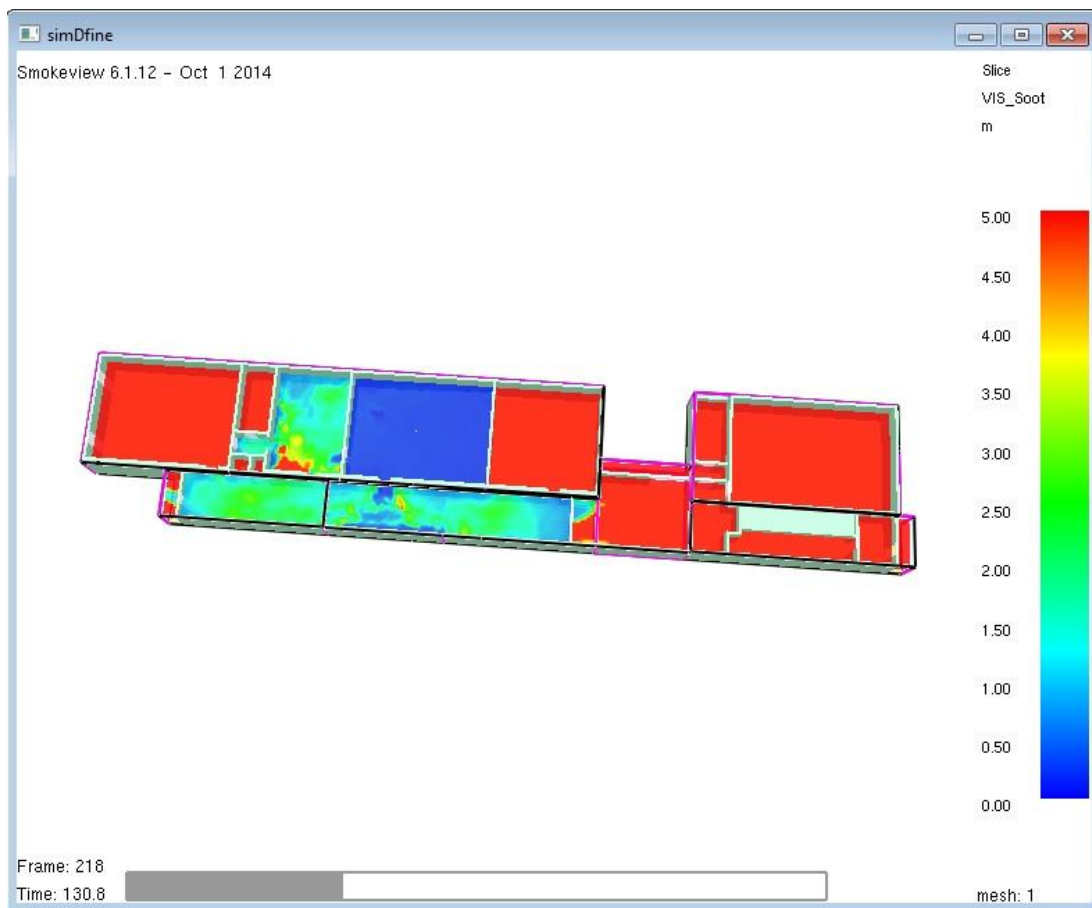
Likt scenario A har kritiskt förhållande för brandgaslagret valts att jämföras med temperatur-slicefile. I detta fall har tiden till kritiskt förhållande tagits då brandgaslagret når ut genom NO-salen eftersom då uppstår problem för den möjliga köbildningen i korridoren. Tiden för detta förhållande blev 3 minuter, se Figur D.5.



Figur D.5 Kritisk tid för brandgaslager i brandscenario D.

Siktberäkningar

Vid granskning av simulering D ges att kritiska förhållanden för siktbarheten uppnås vid cirka 2 minuter och 10 sekunder, det är vid denna tidpunkt som sikten understiger 5 meter i princip hela korridoren som angränsar till klassrummet på 1,8 meters höjd, se figur D.6.



Figur D.6 Bild på kritisk tid för siktbarhet i scenario D.

Bilaga E. FDS

FDS6 är den senaste och gällande versionen i rapporten. I samtliga simuleringar har väggarnas egenskaper satts till tegel, de termiska egenskaperna för tegel har tagits från *An Introduction to Fire Dynamics* (Drysdale, 2011). Golv och tak antas vara betong och sätts till den förinställda "Concrete" som finns förinlagt i Pyrosim, värdena från Pyrosim har jämförts med de från *An Introduction to Fire Dynamics* och är väldigt snarlika varandra (Drysdale, 2011). I samtliga simuleringar konstruerades brandcellerna i Pyrosim med hjälp av ritningar i CAD för att få ut rätt dimensioner. Ingen hänsyn tas till de brandgaser som kan tänkas flöda vidare till nästa brandcell då beräkningstiden hade blivit alldeles för lång. Tiden för simuleringarna sattes från början till 600 sekunder för att se hur långt brandförloppet blev innan kritiska förhållanden uppnåddes. Förbränningen antas ske i polyuretan och de termiska egenskaperna för detta är taget från *Enclosure Fires* (Bengtsson, 2015). I tabell E.1 nedan redovisas de termiska materialegenskaperna för tegel, betong och polyuretan.

Tabell E.1 De termiska materialegenskaperna för tegel, betong och polyuretan i simuleringar.

Materialegenskaper	Tegel	Betong	Polyuretan
Densitet [kg/m ³]	1600	2280	30
Specifik värmekapacitet [kJ/(kg*K)]	0,84	1,04	1,4
Konduktivitet [W/(m*K)]	0,69	1,8	0,034
Emissivitet [-]	1,0	0,9	0,017

En av de förenklingar som gjorts är att dörrarna är satta till materialet tegel. Alla brandscenarier är konstruerade med att två eller fler dörrar öppnar med viss fördröjning kopplat till när rökdetektorn aktiveras. Detta medför att ett fåtal dörrar är stängda under hela brandförloppet och att den totala arean inte blir stor i jämförelse med den totala väggarean och på så vis påverkas inte brandförloppet i någon märkbar utsträckning. Typen av detektor som använts för simuleringarna är en joniserande rökdetektor som finns inlagd i FDS som "Cleary Ionization I1". Det finns en viss problematik med att uppskatta detektionstiden för rökdetektorer i FDS, exempel på problematiken är bland annat att förståelsen för produktion och transport av rök i tidigt skede är begränsad, detektorer reagerar olika beroende på uppbyggnad för parametrar såsom rökdensitet, storleksfördelning på sotpartiklar, sotpartiklarnas komposition etc. (NIST, 2015). Osäkerheten kopplat till detta har gjort att utrymningstiden i simuleringarna har beräknats med hjälp av *detactT2* istället.

Det valda bränslet i FDS är polyuretan, detta är grundat på att det är vanligt förekommande att möbler till stor del innehåller denna typ av plast. Det är ett konservativt antagande eftersom möbler även till viss del består av trä som har en lägre sotproduktion än polyuretan. En jämförelse mellan trä och polyuretan har sammanställts i tabell E.2 nedan. Egenskaperna har tagits från tabell 3-4.14 i *Handbook of Fire Protection Engineering*, ett medelvärde för de sex stela polyuretan (GM29 – GM43) och furu har valts (SFPE, 2002).

Tabell E.2 Jämförelse över sotproduktionen för trä och polyuretan

Egenskaper	Trä	Polyuretan
Y_{soot} [g/g]	0,015	0,118
Y_{co} [g/g]	0,005	0,036
ΔH_c [kJ/g]	8,7	7,1

Denna jämförelse påvisar skillnaden i sotproduktion mellan trä och polyuretan. Det konservativa antagandet att bränslet endast består av polyuretan ger cirka tio gånger högre sotproduktion.

De otätheter som finns i byggnaden, som uppstår i samband med byggandet, är försummade och detta medför att röken begränsas till den givna geometrin. Brandens placering är vald så att den blockerar minst en av utrymningsvägarna i alla simuleringar förutom branden i NO-salen.

Siktbarhet är delvis en subjektiv parameter eftersom lokalt kan kritiskt förhållande uppnås innan det uppnås för hela rummet. I samtliga simuleringar har kritiskt förhållande för siktbarheten uppnåtts då i princip hela rummet understigit det satta gränsvärdet, fem respektive tio meter. Detta värde har tagits fram med hjälp av den slicefile som sattes på höjden 1.8 meter.

Verifiering av cellstorlek

Cellstorlek är en viktig parameter i FDS för att kunna återge resultat som speglar den påtänkta branden. Beroende på cellernas storlek kan det krävas fler submodeller och vissa av dessa för med sig stora osäkerheter. När rörelser och objekt är mindre än cellen kommer dessa försummas och istället ersättas av empiriskt framtagna submodeller.

En av de verifieringar som bör göras för att se om utdatan från FDS är godtagbar är att undersöka om gridberoende har uppnåtts för en simulering. Processen för att undersöka detta, bygger på att ändra cellstorlek i simuleringen i flera steg tills resultatet inte ändras nämnvärt längre. Det en väldigt tidskrävande arbetsgång eftersom i detta fall fyra olika scenarier undersökts och på grund av den tidsbegränsning som föreligger arbetet har inte detta kunnat göras.

Brandens karakteristiska diameter är ett dimensionslöst tal som har en stark koppling mellan den optimala cellstorleken i FDS och brandens storlek. Ekvationen för detta tal kan ses i ekvation E.1 nedan.

$$D^* = \left(\frac{\dot{Q}}{\rho_{\infty} c_{\infty} T_{\infty} \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}} \quad \text{Ekvation E.1}$$

Med hjälp av D^* i ovanstående ekvation kan cellstorlek för simulering bestämmas genom D^*/dx . Enligt *Kvalitetsmanual för brandtekniska analyser vid svenska kärntekniska anläggningar* bör kvoten ligga runt 10 – 20 nära branden. (Frantzich &

Nystedt, 2011). Tabell E.3 nedan visar det intervall cellernas storlek bör ligga inom för att uppnå den ovan nämnda kvoten.

Tabell E.3 Beräkning av $D^*/kvot$ för att bestämma cellstorlek [m] för simuleringarna.

Brandscenario	D^*	$D^*/10$	$D^*/15$	$D^*/20$
A	1,831617	0,183162	0,122108	0,091581
B	1,831617	0,183162	0,122108	0,091581
C	1,831617	0,183162	0,122108	0,091581
D	1,493122	0,149312	0,099541	0,074656

I simuleringarna har en grid med cellstorlek på 10 cm använts nära branden vilket påvisar en tillräcklig storlek i förhållanden till D^* .

Bilaga F. DetactT2

DetactT2 används för att beräkna tiden till att rökdetektorerna aktiverar. Detektorernas aktiveringstid beräknas även med hjälp av FDS och dessa tider kommer att jämföras för att sedan välja den mest rimliga aktiveringstiden som varseblivningstid. Det ska tas i beaktning att DetactT2 är en grov förenkling av verkligheten och därför är det viktigt att resultaten granskas och jämförs med aktiveringstiden som beräknas med hjälp av FDS.

Vid användning av DetactT2 görs en del antaganden. Programmet antar att känselelementet endast värms upp av takstrålen och ingen hänsyn tas till värmen i det övre brandgaslagret. Ett annat antagande är att förhållandet mellan masskoncentrationen partiklar och temperaturen i rummet är konstant. Ingen hänsyn tas till att aerosolpartikelproduktionen beror av bränsle och förbränningsförhållanden. Modellen tar heller inte hänsyn till att olika detektorer reagerar på olika partikelegenskaper. (Nilsson och Holmstedt, 2007)

De indataparametrar som behövs för att aktiveringstiden ska kunna beräknas är följande

- Omgivningens temperatur [$^{\circ}\text{C}$]
- RTI – Response Time Index [$(\text{ms})^{1/2}$]
- Detektorns aktiveringstemperatur [$^{\circ}\text{C}$]
- Takhöjden [m]
- Avståndet från branden till detektorn [m]
- Brandens tillväxthastighet [W/s^2]

Omgivningens temperatur, RTI-värdet och detektorns aktiveringstemperatur är samma i alla fyra scenarion. Avståndet från branden till detektorn är samma i tre av de fyra scenarierna och de andra två parametrarna är scenarieroende.

Omgivningens temperatur är satt till 20 grader då detta är ett värde som är vanligt i inomhusmiljö.

RTI-värdet är ett mått på ett känselements tröghet. Ett känselement med lågt RTI värms upp fortare och aktiverar därmed fortare än ett känselement med högt RTI. (Särdqvist, 2006) Eftersom aktiveringstiden beräknas på rökdetektorer är RTI-värdet är satt till $0,5 (\text{ms})^{1/2}$. Detta för att känselementet ska få så snarlik temperatur som de omgivande brandgaserna som möjligt. (Nilsson och Holmstedt, 2007).

Det har gjorts många experiment för att undersöka vid vilken motsvarande temperaturökning en rökdetektor aktiverar. I handböcker och liknande är det ofta en temperaturökning på mellan 10 och 15 grader som är föreslagen, men dessa värden baseras på försök som är genomförda på sjuttio- och åttiotalet. Senare gjorda undersökningar visar att en temperaturökning mellan 4 och 5 grader är mer rimlig med nyare detektorer. (Nilsson och Holmstedt, 2007) Värdet som valts är 4 grader, detta för att även dessa undersökningar börjar bli gamla och dagens detektorer reagerar förmodligen på en temperaturökning mellan 2 och 3 grader.

Avståndet mellan detektorerna har bestämts till 15 meter och om branden är placerad mittemellan två detektorer kommer maxavståndet att bli 7,5 meter. Detta är det värde som används i tre av scenarierna. I scenariot brand i NO-sal har detektorn placerats mitt i klassrummet och avståndet till branden har därmed satts till 4 meter.

Då åtgärder genomförts har avståndet från brand till detektor ändrats för att kompensera för den lägre tillväxthastigheten som ökar detektionstiden. Avståndet mellan detektorerna i korridorer har då satts med ett avstånd mellan varandra på max 10 meter, alltså ett avstånd från brand till detektor på max 5 meter.

Bilaga G. Simulex

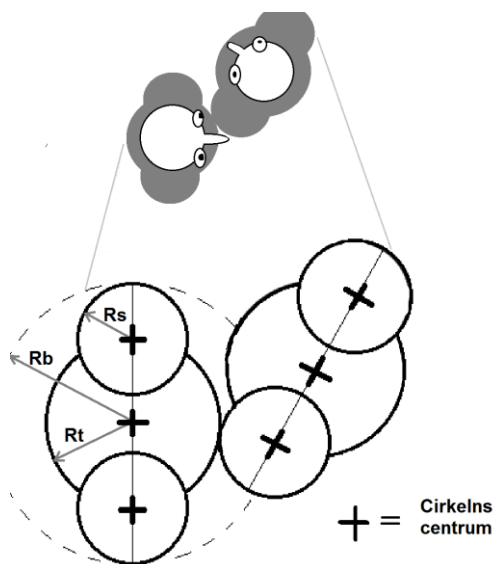
I detta stycke beskrivs de olika indataparametrarna som använts i Simulex-simuleringarna, inklusive de förändringar som gjorts i känslighetsanalysen.

Kroppsstorlek

I simulex definieras de olika individernas kroppsstorlek efter tre cirklar enligt tabell G.1 nedan. Kroppsstorlekarna för dessa individer är även angivna med en 20 % ökning för de nya simuleringarna i känslighetsanalysen. För måttbeskrivning se Figur G.1.

Tabell G.1 Kroppsstorlek vid normala förhållanden och vid 20 % ökning för beräkningar i Simulex [m].

	Male		Female		Child		Disabled	
	Original	+ 20 %	Original	+ 20 %	Original	+ 20 %	Original	+ 20 %
Rb	0,27	0,32	0,24	0,29	0,21	0,25	0,25	0,30
Rt	0,16	0,19	0,14	0,17	0,12	0,14	0,15	0,18
Rs	0,10	0,12	0,09	0,11	0,07	0,08	0,10	0,12



Figur G.1 Måttbeskrivning för simulerade individer i Simulex.

Gånghastighet

Gånghastighet vid 30 % minskning. Gånghastigheten i [m/s] för de olika individerna beskrivs i Tabell G.2 "Nedför" och "uppför" är kompensationsfaktorer som multipliceras med hastigheten vid plan gång för att få fram individernas gånghastighet då de går uppför och nedför trappor. Raden "Variation" beskriver storleken på den inbördes slumpmässiga variationen vid plan gånghastighet.

Tabell G.2 Gånghastighet vid normala förhållanden och vid 30 % minskning för beräkningar i Simulex.

	Male		Female		Child		Disabled	
	Normal	-30 %	Normal	-30 %	Normal	-30 %	Normal	-30 %
Plant [m/s]	1,35	0,94	1,15	0,81	0,9	0,63	0,8	0,56
Nedför	0,6	0,42	0,6	0,42	0,6	0,42	0,4	0,28
Uppför	0,5	0,35	0,5	0,35	0,5	0,35	0,4	0,28
Variation	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,37	0,37

Känslighetsanalys

I tabell G.3 nedan redovisas alla utrymningstider inklusive känslighetsanalysernas värden.

Tabell G.3 Simulexutrymningar inklusive känslighetsanalys med tillhörande tider.

Innan åtgärd

Scenario A - Café	3:36,8	Scenario B - Personalrum	03:27,7
Scenario C - Korridor vån 2	4:04,5	Scenario D - No vån 3	2:27,6
Efter åtgärd			
Scenario A - Café	2:24,2	Scenario B - Personalrum	4:31,0
Antal Utrymmande	2:41,7	Antal Utrymmande	4:56,0
Förflyttningshastighet	2:41,3	Förflyttningshastighet	5:24,9
Förberedelsetid	2:50,9	Förberedelsetid	5:02,7
Kroppsstorlek	2:53,6	Kroppsstorlek	4:41,4
Antal med funktionsnedsättning	2:23,7	Antal med funktionsnedsättning	4:39,9
Scenario C - Korridor vån 2	4:55,6	Scenario D - No vån 3	2:28,5
Antal Utrymmande	5:38,6	Antal Utrymmande	2:39,9
Förflyttningshastighet	5:47,9	Förflyttningshastighet	3:28,9
Förberedelsetid	5:14,4	Förberedelsetid	2:48,1
Kroppsstorlek	5:32,5	Kroppsstorlek	2:53,7
Antal med funktionsnedsättning	4:52,2	Antal med funktionsnedsättning	2:24,5

Bilaga H. Strålningsberäkningar

Vid beräkning av strålning gentemot förbipasserande som utrymmer har beräkningar genomförts på två olika sätt. Som tidigare nämnts i rapporten är kritisk strålningsnivå 2,5 kW/m² eller 1 kW/m² i kombination med 60 kJ/m² vid kortvarig exponering. Det som beräknas med hjälp av dessa värden är avståndet från branden där dessa kriterier uppnås.

Alternativ 1

Det första beräkningssättet är beräkning från platta till punkt. Med hjälp av ekvation H.1 (Karlsson och Quintiere, 2000) nedan tas flamhöjden fram.

$$L = 0,235\dot{Q}^{2/5} - 1,02D \quad \text{Ekvation H.1}$$

Denna formel används egentligen för att beräkna flamhöjd för pölbränder, så vid användning av formeln vid dessa beräkningar anses det vara en grov förenkling. Diametern på branden antas vara 1,5 meter.

Scenario A, B och C

$$L = 0,235 * 5000^{2/5} - 1,02 * 1,5 \approx 5,6 \text{ meter}$$

$$\dot{Q} = 5000 \text{ kW}$$

$$D = 1,5 \text{ m}$$

Effekten i de tre första scenarierna är den samma så flamhöjden ändras endast med brandens diameter. Eftersom det är en parameter som är svår att anta kommer alla tre diametrar antas vara lika därmed kommer också flamhöjdsberäkningen bli samma för alla. Eftersom takhöjden varierar i alla scenarier kommer flamhöjden att variera trots beräkningarna. Dock varierar takhöjden inte så mycket och därför kommer det antas att takhöjden är den samma för alla. Scenario B har högst i tak, 3,2 meter, och det är denna höjd som kommer användas i vidare beräkningar för att räkna konservativt.

Scenario D

$$L = 0,235 * 3000^{2/5} - 1,02 * 1,5 \approx 4,2 \text{ meter}$$

$$\dot{Q} = 3000 \text{ kW}$$

$$D = 1,5 \text{ m}$$

Effekten i scenario D skiljer sig från de övriga tre scenarierna. Dock blir flamhöjden även i detta fall hög och överstiger takhöjden, därför kommer det antas samma flamhöjd för scenario D som för de övriga scenarierna. Diametern är också antagen till det samma vilket innebär att följande beräkningar kommer bli identiska för alla fyra scenarier.

Avståndet till branden så att kritiska nivåer klaras beräknas med hjälp av ekvation H.2 nedan (Drysdale, 2011).

$$E = \phi \epsilon \sigma T^4 \quad \text{Ekvation H.2}$$

Genom ommöblering av ovanstående ekvation löses synfaktorn ut och beräknas. Temperaturen har antagits uppgå till 800 grader Celsius och emissiviteten har antagits vara 1.

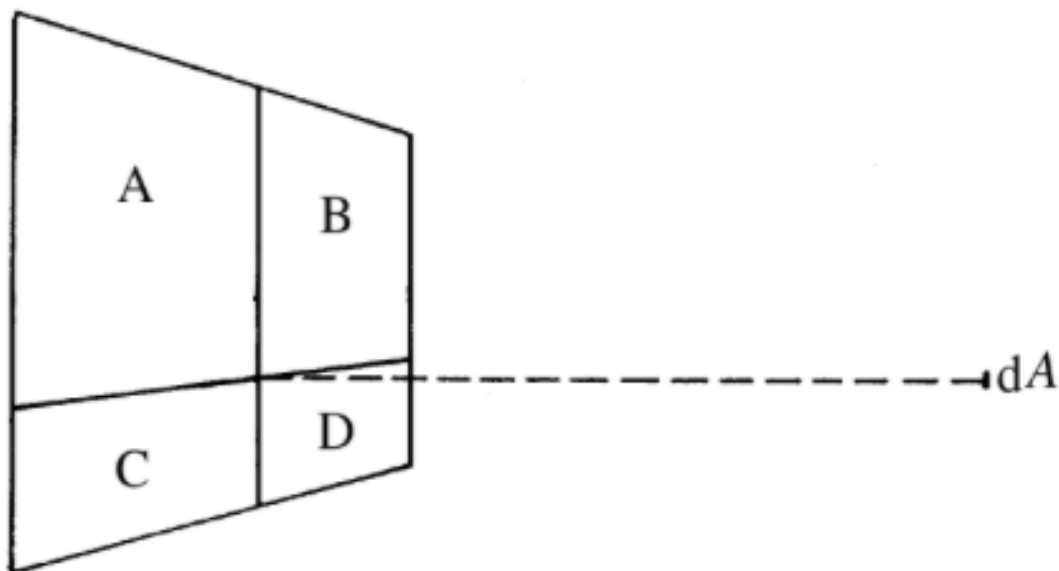
$$\phi = \frac{2500}{1 * 5,67 * 10^{-8} * 1073^4} \approx 0,033$$

$$T = 1073 \text{ K}$$

$$E = 2500 \text{ kW/m}^2$$

$$\varepsilon = 1$$

Eftersom strålningen beräknas från mitten av plattan delar man denna i fyra delar, i detta fall är alla dela lika stora, så att dessa möts i mitten, se Figur H.1 nedan.



Figur H.1 Illustrativ bild på hur plattan delas upp (Drysdale, 2011).

Varje platta avger lika mycket strålning

$$\frac{0,033}{4} \approx 0,008$$

Ekvationerna för att komma fram till synfaktorn via tabell 2.8 (Drysdale, 2011) är som följer

$$S = \frac{L_1}{L_2} \quad \text{Ekvation H.3}$$

$$\alpha = \frac{L_1 * L_2}{D_{\text{strålning}}^2} \quad \text{Ekvation H.4}$$

Det som söks är D i ekvation H.4, vilket är avståndet från flamman till där kritiska strålningsnivåer uppnås.

$$S = \frac{0,75}{1,6} \approx 0,47$$

$$L_1 = 0,75 \text{ m}$$

$$L_2 = 1,6 \text{ m}$$

Med hjälp av tabell 2.8 (Drysdale, 2011) tas alfa-värdet fram och sedan kan avståndet beräknas med hjälp av ekvation H.4 ovan.

$$D_{\text{strålning}} = \sqrt{\frac{0,75 * 1,6}{0,027}} \approx 6,7 \text{ meter}$$

$$\alpha = 0,027$$

Alternativ 2

Det andra beräkningssättet är taget ur *Selecting Design Fires* (Staffansson, 2010). I denna metod antas det att strålningen räknas från en punktkälla i flammans centrum på halva höjden från bränsleytan. Följande ekvation har använts vid beräkningarna.

$$\dot{q}''_r = \frac{\chi_r \dot{Q}}{4\pi R^2} \quad \text{Ekvation H.5}$$

Precis som vid beräkningsalternativ ett är det avståndet till kritiska förhållanden som är intressant, alltså R i ekvation H.5 ovan. Brandens strålningsandel antas vara 30 % av den totala effektutvecklingen. Eftersom avståndet till kritiska förhållanden med detta beräkningssätt beror av effekten kommer scenario A, B och C nå kritiska förhållanden vid samma avstånd då branden i dessa scenarier har samma effekt. Branden i scenario D har lägre effekt vilket också kommer göra att avståndet till kritiska förhållanden blir kortare.

Scenario A, B och C

$$R = \sqrt{\frac{0,3 * 5000}{4 * \pi * 2,5}} \approx 6,9 \text{ meter}$$

$$\chi_r = 0,3$$

$$\dot{Q} = 5000 \text{ kW}$$

$$\dot{q}''_r = 2,5 \text{ kW/m}^2$$

Scenario D

$$R = \sqrt{\frac{0,3 * 3000}{4 * \pi * 2,5}} \approx 5,4 \text{ meter}$$

$$\chi_r = 0,3$$

$$\dot{Q} = 3000 \text{ kW}$$

$$\dot{q}''_r = 2,5 \text{ kW/m}^2$$

Enligt dessa beräkningar kommer avståndet till kritiska förhållanden för scenario A, B och C hamna någonstans mellan 6,7-6,9 meter och för scenario D någonstans mellan 5,4-6,7 meter.

Strålning från brandgaslagret

Även strålningen från brandgaslagret har beräknats för att kontrollera att värdena inte överstiger de kritiska förhållandena. Precis som i alternativ 1 ovan beräknas strålningen med ekvation H.2.

Kritiska förhållanden för temperaturen är 80 grader och om denna temperatur överskrids anses utrymningen inte vara säker. Därför kommer temperaturen på brandgaslagret till att sättas till 80 grader för att kontrollera att strålningen inte blir kritisk före temperaturen.

Det är svårt att avgöra på vilken höjd brandgaslagret är då kritiska temperaturen uppnås. Därför kommer en synfaktor på ett att antas för att skatta strålningsdosen konservativt. Även emissiviteten kommer att ansättas till ett.

Strålningsberäkning blir då enligt ekvation H.2

$$E = 1 * 1 * 5,67 * 10^{-8} * 353^4 = 882 \text{ W/m}^2$$

$$\varepsilon = 1$$

$$\phi = 1$$

$$T = 353 \text{ K}$$

Enligt beräkningen ovan kommer strålningen, då temperaturen i brandgaslagret är 80 grader, inte överstiga kriteriet för långvarig strålningsexponering, 1 kW/m².

Bilaga I. Beräkning av dörrbredder

I tabell I.1 nedan redovisas beräkningar av minsta dörrbredd och maximal utrymningsbelastning med avseende på utrymningsbredd. Enligt BBR så måste byggnaden dimensioneras med fallet att en dörr är blockerad, så vi har valt att bortse från den utrymningsväg som benämns som *trapphus tre* på figur 4 (Boverket 1, 2011). Även den nya föreslagna utrymningsvägen på plan 2 är exkluderade i tabell I.1

Tabell I.1 Minsta dörrbredd och maximal utrymningsbelastning med avseende på utrymningsbredd.

27	Minsta dörrbredd [m]	Total dörrbredd [m]	Maximal utrymningsbelastning	Nuvarande belastning
3	1,20	$1,60+0,90=2,50$	$(1,60+0,90)\times 150=375$	95
2	1,20	$2,05\times 2+0,90=5,00$	$(2,05\times 2+0,90)\times 150=553,5$	$95+355=450$

Bilaga J. FDS Indatafil till Simulering A

I följande bilaga redovisas ett exempel på en FDS indatafil. Indatafilen som följer är från scenario A, brand i café/samlingslokal.

```
&HEAD CHID='sim1_ifine'/
&TIME T_END=600.0/
&DUMP RENDER_FILE='sim1_ifine.ge1', DT_RESTART=300.0/

&MESH ID='MESH01', IJK=112,34,14, XB=0.0,22.4,1.0,7.8,0.0,2.8/
&MESH ID='MESH03', IJK=39,28,12, XB=14.6,22.4,7.8,13.4,0.0,2.4/
&MESH ID='MESH02', IJK=11,67,12, XB=22.4,24.6,0.0,13.4,0.0,2.4/
&MESH ID='MESH06', IJK=51,65,14, XB=14.4,24.6,28.8,41.8,0.0,2.8/
&MESH ID='MESH07', IJK=67,62,15, XB=1.0,14.4,28.8,41.2,0.0,3.0/
&MESH ID='MESH08', IJK=68,156,42, XB=1.0,7.8,13.2,28.8,0.0,4.2/
&MESH ID='MESH', IJK=58,77,13, XB=14.6,26.2,13.4,28.8,0.0,2.6/
&MESH ID='MESH04', IJK=68,27,12, XB=1.0,14.6,7.8,13.2,0.0,2.4/
&MESH ID='MESH05', IJK=68,156,42, XB=7.8,14.6,13.2,28.8,0.0,4.2/

&REAC ID='POLYURETHANE_REAC',
  FYI='SFPE Handbook, GM27',
  FUEL='REAC_FUEL',
  C=1.0,
  H=1.7,
  O=0.3,
  N=0.08,
  CO_YIELD=0.042,
  SOOT_YIELD=0.198/

&PROP ID='Cleary Ionization I1',
  QUANTITY='CHAMBER OBSCURATION',
  ALPHA_E=2.5,
  BETA_E=-0.7,
  ALPHA_C=0.8,
  BETA_C=-0.9/

&DEVC ID='smoke1', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=5.6,10.4,2.2/
&DEVC ID='smoke2', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=9.6,18.0,3.8/
&DEVC ID='smoke3', PROP_ID='Cleary Ionization I1', XYZ=4.6,25.6,2.2/
&DEVC ID='THCP', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,0.2/
&DEVC ID='THCP01', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,0.4/
&DEVC ID='THCP02', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,0.6/
&DEVC ID='THCP03', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,0.8/
&DEVC ID='THCP04', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,1.0/
&DEVC ID='THCP05', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,1.2/
&DEVC ID='THCP06', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,1.4/
&DEVC ID='THCP07', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,1.6/
&DEVC ID='THCP08', QUANTITY='THERMOCOUPLE', XYZ=1.6,28.2,1.8/
```

&CTRL ID='opening1', FUNCTION_TYPE='TIME_DELAY', DELAY=40.0,
LATCH=.FALSE., INPUT_ID='latch'/
&CTRL ID='latch', FUNCTION_TYPE='ALL', LATCH=.TRUE., INPUT_ID='or'/
&CTRL ID='or', FUNCTION_TYPE='ANY', LATCH=.FALSE.,
INPUT_ID='smoke1','smoke2','smoke3'/
&CTRL ID='opening2', FUNCTION_TYPE='TIME_DELAY', DELAY=40.0,
LATCH=.FALSE., INPUT_ID='latch'/
&CTRL ID='opening3', FUNCTION_TYPE='TIME_DELAY', DELAY=40.0,
LATCH=.FALSE., INPUT_ID='latch'/
&CTRL ID='opening4', FUNCTION_TYPE='TIME_DELAY', DELAY=70.0,
LATCH=.FALSE., INPUT_ID='latch'/

&MATL ID='Brick',
SPECIFIC_HEAT=0.84,
CONDUCTIVITY=0.69,
DENSITY=1600.0,
EMISSIVITY=1.0/
&MATL ID='CONCRETE',
FYI='NBSIR 88-3752 - ATF NIST Multi-Floor Validation',
SPECIFIC_HEAT=1.04,
CONDUCTIVITY=1.8,
DENSITY=2280.0/

&SURF ID='Brick',
RGB=146,46,4,
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='Brick',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.2/

&SURF ID='Concrete',
RGB=146,202,166,
BACKING='VOID',
MATL_ID(1,1)='CONCRETE',
MATL_MASS_FRACTION(1,1)=1.0,
THICKNESS(1)=0.2/

&SURF ID='Eld',
COLOR='RED',
HRRPUA=5000.0,
TAU_Q=-268.0/

&OBST XB=23.0,24.0,1.0,1.2,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Door
&OBST XB=18.2,18.4,29.6,30.4,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=15.8,16.0,29.8,30.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=1.2,2.0,28.2,28.4,0.0,3.0, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=11.0,11.8,4.0,4.2,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=7.4,8.2,5.6,5.8,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=16.4,17.2,28.8,29.0,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr

&OBST XB=18.6,19.4,31.2,31.4,0.0,2.6, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=23.0,24.0,22.8,23.0,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=1.6,2.4,13.4,13.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=4.0,4.8,13.4,13.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=7.8,8.6,13.4,13.6,0.0,4.0, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=10.4,11.2,13.4,13.6,0.0,4.0, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=14.4,14.6,20.4,21.2,0.0,4.0, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=22.2,22.4,20.4,21.4,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=22.2,22.4,7.8,8.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=23.0,23.8,10.6,10.8,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=22.2,22.4,6.2,7.0,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=6.4,7.2,7.4,7.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=9.0,9.8,7.4,7.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=10.6,11.4,7.4,7.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=12.0,12.8,4.0,4.0,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=13.0,13.2,4.4,5.2,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=14.4,14.6,6.0,7.0,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=9.0,9.8,5.6,5.8,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=5.0,5.8,5.8,6.0,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=12.0,12.8,4.0,4.2,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=24.8,25.6,18.4,18.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=24.4,24.6,21.2,22.0,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=17.0,17.8,40.0,40.2,0.0,2.6, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=17.0,17.8,38.2,38.4,0.0,2.6, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=15.8,16.6,38.2,38.4,0.0,2.6, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=1.8,2.6,7.4,7.6,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=1.0,1.2,6.0,7.4,0.0,2.4, COLOR='AZURE', SURF_ID='Brick'/ Dörr
&OBST XB=22.4,23.0,1.0,1.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.0,24.4,1.0,1.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,14.6,1.2,6.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,18.6,31.2,31.4,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=19.6,19.8,28.8,31.2,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=18.2,18.4,29.0,29.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=26.0,26.2,18.6,22.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=25.6,26.2,18.4,18.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,1.0,10.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=11.8,12.0,1.2,4.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.0,1.2,4.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=8.4,8.8,4.0,4.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=8.2,8.8,5.6,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=7.2,7.4,1.2,4.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=16.6,16.8,38.4,40.0,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.2,1.4,6.0,7.4,0.0,0.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.4,1.6,6.0,7.4,0.0,0.2, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.0,1.2,7.4,13.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.0,1.2,13.6,28.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.0,7.6,13.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction

&OBST XB=5.0,5.2,13.6,23.0,2.4,4.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=5.2,14.6,22.8,23.0,2.4,4.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=5.0,7.8,13.4,13.6,0.0,4.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.6,22.4,22.8,23.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=16.0,16.4,28.8,29.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=19.4,19.8,31.2,31.4,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.4,23.0,22.8,23.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.0,1.6,13.4,13.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=2.4,3.4,13.4,13.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=3.4,4.0,13.4,13.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=4.8,5.0,13.4,13.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=8.6,10.4,13.4,13.6,0.0,4.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,14.6,21.2,22.8,0.0,4.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.2,22.4,21.4,22.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.2,22.4,8.6,13.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.4,23.0,10.6,10.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.2,22.4,1.2,6.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.2,22.4,7.0,7.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=7.8,9.0,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=11.4,14.4,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=12.8,13.0,4.0,4.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,14.6,7.0,7.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,22.0,22.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=15.8,16.0,30.6,31.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=16.6,17.0,38.2,38.4,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,15.8,38.2,38.4,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.2,1.8,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=2.6,3.2,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,16.8,41.0,41.2,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=16.6,16.8,40.2,41.0,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=16.6,17.0,40.0,40.2,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=17.8,18.8,38.2,38.4,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=17.8,18.8,40.0,40.2,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=18.6,18.8,38.4,40.0,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=18.6,18.8,40.2,41.6,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=18.6,24.6,41.6,41.8,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,28.8,41.6,0.0,2.6, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=5.0,22.4,1.0,1.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=8.8,9.0,4.2,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=8.8,11.0,4.0,4.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.0,1.2,4.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,11.0,5.6,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=10.8,11.0,4.2,5.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.0,24.6,22.8,23.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,22.6,22.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,23.0,28.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,26.2,22.4,22.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction

&OBST XB=13.0,13.2,4.2,5.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=13.0,14.4,4.0,4.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=13.0,14.4,5.6,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=5.8,6.2,5.8,6.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=6.0,6.2,4.2,5.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=6.0,6.2,5.2,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=6.0,7.4,4.0,4.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=6.0,7.4,5.0,5.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=7.2,7.4,5.2,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.0,1.2,28.8,41.0,0.0,3.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.0,14.4,41.0,41.2,0.0,3.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=2.0,14.4,28.8,29.0,0.0,3.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.2,14.4,29.0,41.0,0.0,3.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=2.0,2.2,28.2,28.8,0.0,3.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.0,1.2,28.2,28.8,0.0,3.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=17.2,19.6,28.8,29.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=11.2,14.6,13.4,13.6,0.0,4.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,14.6,13.6,20.4,0.0,4.0, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.6,22.4,13.4,13.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.2,22.4,13.6,20.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,22.4,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=22.2,22.4,7.6,7.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=23.8,24.6,10.6,10.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,10.8,13.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,13.4,18.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.6,18.6,21.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=24.4,24.8,18.4,18.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=3.2,3.4,7.6,7.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=3.2,6.4,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=3.2,3.4,13.2,13.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=3.2,3.4,7.8,13.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=7.2,7.8,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=7.6,7.8,7.6,7.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=7.6,7.8,13.2,13.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=7.6,7.8,7.8,13.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.0,7.6,7.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.6,7.4,7.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.0,13.2,13.4,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=9.8,10.0,7.8,13.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=18.2,18.4,30.6,31.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=18.2,19.6,30.4,30.6,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=14.4,16.0,28.8,29.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=15.8,16.0,29.0,29.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Obstruction
&OBST XB=1.0,22.4,1.2,7.8,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=14.6,22.4,7.8,13.4,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=22.4,24.6,1.2,13.4,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=14.4,16.8,40.4,41.4,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv

&OBST XB=14.4,24.6,28.8,40.4,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=18.6,24.6,40.4,41.8,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=1.0,14.4,28.8,41.2,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=1.0,14.6,13.2,28.8,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=14.6,24.6,13.4,18.4,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=14.6,24.6,22.8,28.8,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=14.6,26.0,18.4,22.8,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=1.0,14.6,7.8,13.2,0.0,0.0, SURF_ID='Concrete'/ Golv
&OBST XB=1.0,1.2,1.2,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Omklädningi
&OBST XB=1.0,5.0,1.0,1.2,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Omklädningi
&OBST XB=1.0,5.0,5.8,6.0,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Omklädningi
&OBST XB=4.8,5.0,1.2,5.8,0.0,2.4, SURF_ID='Brick'/ Omklädningi
&OBST XB=1.0,24.6,1.0,7.8,2.4,2.4, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=1.0,5.0,13.4,23.0,2.4,2.4, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=1.0,24.6,7.8,13.4,2.4,2.4, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=1.0,14.6,23.0,28.2,2.4,2.4, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=2.2,14.6,28.2,28.8,2.4,2.4, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=14.6,24.6,13.4,23.0,2.4,2.4, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=5.0,14.6,13.4,23.0,4.0,4.0, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=14.4,16.8,40.2,41.2,2.6,2.6, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=14.4,24.6,31.4,40.2,2.6,2.6, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=18.6,24.6,40.2,41.8,2.6,2.6, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=19.8,24.6,28.8,31.4,2.6,2.6, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=14.4,19.6,28.8,31.2,2.4,2.6, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=14.4,14.4,28.8,31.2,2.4,2.6, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=1.0,2.2,28.2,28.8,3.0,3.0, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=1.0,14.4,28.8,41.2,3.0,3.0, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=24.6,26.2,18.4,22.6,2.4,2.4, SURF_ID='Concrete'/ Tak
&OBST XB=14.6,24.6,23.0,28.8,2.4,2.6, SURF_ID='Concrete'/ Tak

&HOLE XB=23.0,24.0,1.0,1.2,-0.02,2.0/ Hole
&HOLE XB=1.0,1.2,6.0,7.4,0.4,2.4/ Hole
&HOLE XB=15.8,16.0,29.8,30.6,-0.02,2.0/ Hole
&HOLE XB=18.2,18.4,29.6,30.4,-0.02,2.0/ Hole
&HOLE XB=4.0,4.8,13.4,13.6,-0.02,2.0/ Hole
&HOLE XB=23.0,24.0,22.8,23.0,-0.02,2.0/ Hole
&HOLE XB=23.0,23.8,10.6,10.8,-0.02,2.0/ Hole
&HOLE XB=10.6,11.4,7.4,7.6,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening1'/ hole0
&HOLE XB=10.4,11.2,13.4,13.6,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening1'/ hole1
&HOLE XB=22.2,22.42,7.78,8.6,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening1'/ hole2
&HOLE XB=17.0,17.8,38.2,38.4,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening2'/ hole3
&HOLE XB=17.0,17.8,40.0,40.2,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening2'/ hole4
&HOLE XB=24.4,24.6,21.2,22.0,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening3'/ hole5
&HOLE XB=24.8,25.6,18.4,18.6,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening3'/ hole6
&HOLE XB=1.2,2.0,28.2,28.4,-0.02,2.0, CTRL_ID='opening4'/ hole7

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=26.2,26.2,13.4,28.8,0.0,2.6/ Mesh Vent: MESH [XMAX]

&VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.6,26.2,28.8,28.8,0.0,2.6/ Mesh Vent: MESH [YMAX]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=14.6,24.6,13.4,13.4,2.4,2.6/ Mesh Vent: MESH [YMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.6,26.2,13.4,13.4,0.0,2.6/ Mesh Vent: MESH [YMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=14.6,26.2,13.4,28.8,2.6,2.6/ Mesh Vent: MESH [ZMAX]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=22.4,22.4,1.0,7.8,2.4,2.8/ Mesh Vent: MESHo1 [XMAX]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.0,0.0,1.0,7.8,0.0,2.8/ Mesh Vent: MESHo1 [XMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.0,22.4,1.0,1.0,0.0,2.8/ Mesh Vent: MESHo1 [YMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.0,22.4,1.0,7.8,2.8,2.8/ Mesh Vent: MESHo1 [ZMAX]
 &VENT SURF_ID='INERT', XB=0.0,22.4,1.0,7.8,0.0,0.0/ Mesh Vent: MESHo1 [ZMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.6,24.6,28.8,41.8,0.0,2.8/ Mesh Vent: MESHo6
 [XMAX]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=14.4,14.4,41.2,41.8,0.0,2.8/ Mesh Vent: MESHo6 [XMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=14.4,24.6,41.8,41.8,0.0,2.8/ Mesh Vent: MESHo6
 [YMAX]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=14.6,24.6,28.8,28.8,2.4,2.8/ Mesh Vent: MESHo6
 [YMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=14.4,24.6,28.8,41.8,2.8,2.8/ Mesh Vent: MESHo6
 [ZMAX]
 &VENT SURF_ID='INERT', XB=14.4,24.6,28.8,41.8,0.0,0.0/ Mesh Vent: MESHo6
 [ZMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=24.6,24.6,0.0,13.4,0.0,2.4/ Mesh Vent: MESHo2 [XMAX]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=22.4,22.4,0.0,1.0,0.0,2.4/ Mesh Vent: MESHo2 [XMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=22.4,24.6,0.0,0.0,0.0,2.4/ Mesh Vent: MESHo2 [YMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=22.4,24.6,0.0,13.4,2.4,2.4/ Mesh Vent: MESHo2 [ZMAX]
 &VENT SURF_ID='INERT', XB=22.4,24.6,0.0,13.4,0.0,0.0/ Mesh Vent: MESHo2 [ZMIN]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=1.0,22.4,7.8,7.8,2.4,2.8/ Mesh Vent: MESHo1 [YMAX]
 &VENT SURF_ID='OPEN', XB=0.0,1.0,7.8,7.8,0.0,2.8/ Mesh Vent: MESHo1 [YMAX]
 &VENT SURF_ID='Eld', XB=2.6,3.6,17.5,18.5,0.0,0.0/ Eld

&SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=1.8/
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=1.8/
 &SLCF QUANTITY='VISIBILITY', PBZ=25.0/
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBZ=25.0/
 &SLCF QUANTITY='OPTICAL DENSITY', PBZ=25.0/
 &SLCF QUANTITY='TEMPERATURE', PBX=3.2/
 &SLCF QUANTITY='AEROSOL VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON
 DIOXIDE', PBX=3.2/
 &SLCF QUANTITY='AEROSOL VOLUME FRACTION', SPEC_ID='CARBON
 MONOXIDE', PBX=3.2/
 &SLCF QUANTITY='TURBULENCE RESOLUTION', PBX=3.2/

&TAIL /